

sp.

3

n-

n
ie
ung

n-

n

Phys. sp.

373

n

Langenbeck

Phys. sp.

373 n

Xerokopieren aus konservato-
rischen Gründen nicht erlaubt.
Nur im Lesesaal benutzbar.

21. AUG. 2013

Bayerische Staatsbibliothek



<36647034440010

S

Phys. sp. 373ⁿ

(DIE THEORIEEN

ÜBER DIE

ENTSTEHUNG DER KORALLENINSELN

UND

KORALLENRIFFE

UND IHRE BEDEUTUNG FÜR GEOPHYSISCHE FRAGEN

VON

DR. R. LANGENBECK.

MIT FÜNF FIGUREN IM TEXT.

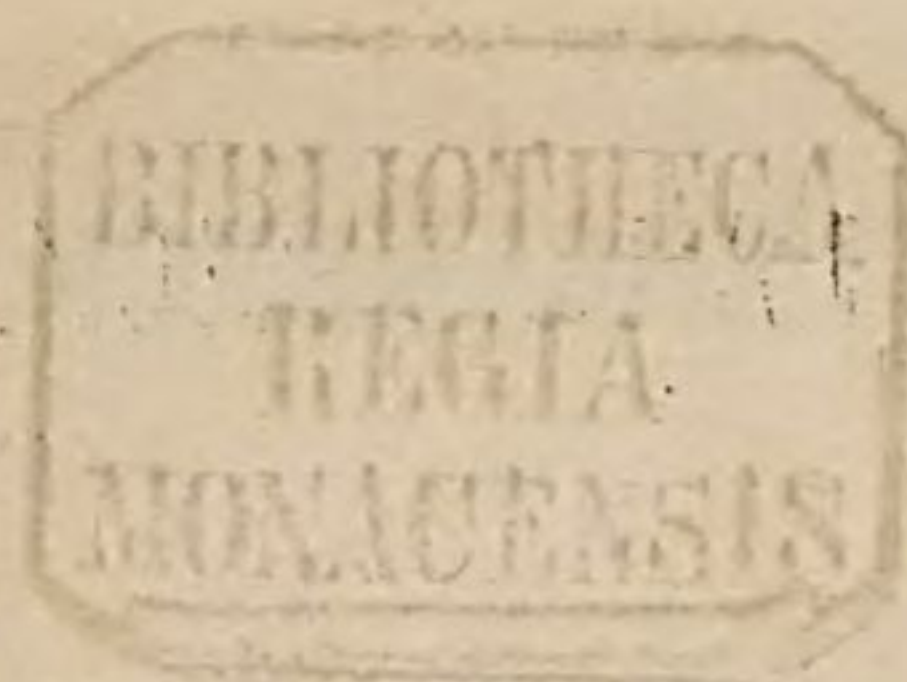
LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1890.

472

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.



VORWORT.

Ich übergebe hiermit der Öffentlichkeit eine kleine Arbeit, die, wie ich hoffe, geeignet ist, eine Lücke in unserer geographischen Literatur auszufüllen. Ich bin mir dabei bewusst, dass die Anschauungen, welche ich in derselben zu entwickeln versucht habe, vielfach zu den augenblicklich herrschenden Ansichten im Gegensatz stehen, und bin daher auf Widerspruch von verschiedenen Seiten her gefasst. Aber ich hoffe, man wird anerkennen, dass ich mich stets bemüht habe, die größte Objektivität zu bewahren, und das vorhandene Beobachtungsmaterial, soweit es mir irgend zugänglich war, sorgfältig benutzt habe. Dass dies in so umfassender Weise möglich war, verdanke ich den Unterstützungen, die meiner Arbeit von verschiedenen Seiten zu Teil geworden sind. Besonderen Dank schulde ich in der Beziehung namentlich Herrn Professor Dr. Gerland, der mir die Benutzung der Bibliothek des hiesigen geographischen Seminars gestattete und mir vielfach mit seinem Rat fördernd zur Seite stand, Herrn Professor Dr. H. Wagner, der mir die reichhaltige Kartensammlung des geographischen Instituts in Göttingen auf das bereitwilligste zur Verfügung stellte, und der Verwaltung der hiesigen Universitäts- und Landes-Bibliothek, deren Liberalität es mir möglich machte, verschiedene ältere und schwer zu erhaltende Werke einzusehen.

Ihnen allen sage ich meinen herzlichsten Dank, ebenso auch der Verlags-Buchhandlung für die Bereitwilligkeit, mit der sie allen meinen Wünschen auf Anordnung und Ausstattung meiner Arbeit entgegengekommen ist.

S t r a ß b u r g i. E.,
im September 1890.

Dr. R. Langenbeck.

INHALT.

	Seite
Einleitung	1
I. Abschnitt. Korallenriffe in stationären Gebieten und solchen mit negativen Bewegungen	14
II. » Die Theorieen von Murray und Guppy sind nicht im stande, den Bau vieler Atolle und Barrierriffe genü- gend zu erklären.	30
III. » Zusammenvorkommen der drei Riffformen in benach- barten Gebieten. Übergänge von positiver zu nega- tiver Bewegung	63
IV. » Die Korallenriffe früherer geologischer Perioden . . .	79
V. » Verbreitung der Korallenriffe in der Gegenwart. Be- weise für positive und negative Bewegungen	115
VI. » Geophysische Betrachtungen	162

Im folgenden sind bei den Citaten folgende Abkürzungen angewandt:

- A. H. = Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie.
A. J. = American Journal of science and arts.
Chall. = Narrative of the scientific results of the Challenger Expedition.
D. G. G. = Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft.
J. M. G. = Journal des Museum Godeffroy.
Nat. = Nature.
N. M. = Nautical Magazine.
P. G. M. = Petermann's geographische Mittheilungen.

Die Bedeutung der übrigen Abkürzungen ist ohne Erläuterung verständlich.



Einleitung.

Bedeutung der Korallenrifftheorien für geophysische Fragen. Darwin's Senkungshypothese. Bestätigung und Erweiterung derselben durch Dana. Einwände gegen die Darwin-Dana'sche Theorie. Semper. Rein. v. Pourtalès. Murray. Studer. Nochmals Rein. Arch. Geikie. Guppy. Supan. Sueß und Neumayr für Darwin.

Zusammenstellung der verschiedenen gegen die Darwin'sche Hypothese erhobenen Einwände.

Die Frage nach der Entstehung der Korallenriffe und -inseln ist in den letzten Jahrzehnten wiederholt der Gegenstand lebhafter Erörterung und zum Teil eingehender Forschung gewesen. Der rege Eifer, mit dem eine Reihe der hervorragendsten Geographen und Geologen sich diesem Gegenstand zugewandt haben, beruht nicht nur auf dem Interesse, welches diese Frage schon an und für sich in Anspruch nimmt, sondern vor allem auf der engen Beziehung, in welcher dieselbe zu einer der wichtigsten Fragen der Geophysik, nämlich derjenigen über die Verschiebung der Grenzen zwischen Wasser und Land steht. Durch Darwin's geistreiche Senkungshypothese schien es möglich, für weite Räume unseres Erdballs sichere Unterscheidungsmerkmale zu gewinnen, ob ein bestimmtes Gebiet in Hebung oder Senkung begriffen sei. Diese Theorie hat aber im Laufe der Zeit nicht nur erhebliche Modifikationen erfahren, sondern sie ist auch von sehr verschiedenen Seiten auf das entschiedenste bekämpft und als im Widerspruch mit wichtigen That-sachen stehend dargestellt worden. Damit ist aber zugleich allen aus ihr abgeleiteten Folgerungen die sichere Grundlage entzogen. Es ergibt sich schon hieraus, wie unerlässlich die weitere Verfolgung dieser Frage für die Geophysik ist.

Ferner ist aber jene Frage nach der Verschiebung der Grenzen zwischen Meer und Land selbst in ein neues Stadium gerückt. Durch eine Reihe hervorragender Arbeiten und nicht am wenigsten durch

Sueß' großartiges Werk »das Antlitz der Erde«, ist die Frage wiederum zur Diskussion gestellt, ob jene Verschiebungen wirklich ausschließlich auf einer Bewegung der festen Erdrinde beruhen, wie es Darwin und mit ihm die überwiegende Mehrzahl seiner Zeitgenossen annahm, oder ob dabei nicht Schwankungen des Meeresspiegels eine hervorragende Rolle spielen. Auch zur Beantwortung dieser Frage dürfte die Betrachtung der Korallenformationen und der durch sie gekennzeichneten Verschiebungen der Strandlinie nach der einen oder anderen Richtung einiges wertvolle Material liefern.

So wichtig es nun für Jeden, der sich mit geophysischen Fragen beschäftigt, ist, sich über die Frage nach der Entstehung der Korallenriffe zu orientieren, so schwierig dürfte das auch im Augenblick sein. Denn die Litteratur über diesen Gegenstand ist nicht nur in den beiden letzten Jahrzehnten außerordentlich angewachsen, sie ist auch sehr zerstreut in zahlreichen englischen, amerikanischen, deutschen und französischen Zeitschriften und zwar sowohl geographischen, als auch geologischen und maritimen. An einer zusammenfassenden Darstellung dagegen fehlt es seit den Arbeiten Darwin's und Dana's durchaus. Ein Eingehen in diese Litteratur über die Korallenformationen zeigt ferner, dass in fast allen diesen Arbeiten die Frage nur von gewissen Gesichtspunkten aus betrachtet ist, ja dass in vielen derselben aus Beobachtungen auf einer einzelnen Inselgruppe allgemeine Folgerungen gezogen worden sind, die in einer solchen Allgemeinheit durchaus nicht zutreffend erscheinen. Und doch sind solche Einzelbeobachtungen, so wertvoll dieselben auch im Zusammenhang des Ganzen sein mögen, allein nicht im stande, eine Entscheidung in dieser Frage herbeizuführen. Endlich ergibt sich, dass noch ein reiches Beobachtungsmaterial vorhanden ist, welches zu der Beantwortung der Frage noch gar nicht oder nur in sehr geringem Umfange herbeigezogen ist.

Alle diese Erwägungen haben mich veranlasst, die verschiedenen Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und -riffe nochmals auf Grund alles mir irgend zugänglichen Materials einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Ich bin dabei zu der Überzeugung gelangt, dass, wenn sich die Darwin'sche Theorie auch nicht in ihrem vollen Umfange aufrecht erhalten lässt, sie doch die einzige ist, welche die Eigentümlichkeiten zahlreicher Koralleninseln und -riffe in den Gebieten aller drei Ozeane zu erklären im stande ist. In der vorliegenden Arbeit will ich versuchen, diese meine Anschauung eingehend zu begründen. Ich werde damit eine zusammenfassende Darstellung der Korallenriffe der Gegenwart und der wichtigsten der Vorzeit

verbinden. Endlich werde ich wenigstens auch in Kürze auf die Folgerungen eingehen, die man aus der Entstehung und Verteilung der Korallenriffe auf jene allgemeinen geophysischen Fragen ziehen kann.

Wenn ich nun auch die Darwin'sche Theorie im allgemeinen als bekannt voraussetzen darf, so erscheint es mir doch angebracht, dieselbe noch einmal kurz in ihren wesentlichen Punkten zusammenzufassen und dann die Gründe darzulegen, welche gegen dieselbe vorgebracht worden sind.

Jede Theorie, welche es unternimmt, den Bau der Korallenriffe und -inseln zu erklären, muss folgenden zwei Thatsachen gerecht werden, die scheinbar schwer mit einander in Einklang zu bringen sind: dass erstens die eigentlich riffbildenden Korallen nur in Tiefen bis zu 30 oder 40 Meter üppig gedeihen, in Tiefen unter 60 Meter fast überall verschwinden; und dass zweitens die Mehrzahl der Koralleninseln mit sehr steilen, in einzelnen Fällen nahezu senkrechten Böschungen zu großen Meerestiefen von vielen hunderten, ja tausenden von Metern abstürzen. Dazu kommen als weitere gewichtige Momente die ringförmige Gestalt der Koralleninseln und ihre außerordentlich weite Verbreitung innerhalb der tropischen Meere. Der Umstand gerade, dass die Koralleninseln weite Gebiete des Stillen wie des Indischen Ozeans ganz oder nahezu ausschließlich einnehmen, lassen viele Theorieen als hinfällig erscheinen, die wohl geeignet gewesen wären, jene oben angeführten Thatsachen zu erklären, wenn die Koralleninseln in ihrer eigenartigen Erscheinung nur vereinzelte Vorkommnisse wären. Das gilt namentlich von den älteren Theorieen Forster's und Chamisso's, welche die Atolle als Krönungen submariner Kratere oder mächtiger Sedimentbänke betrachteten.

Darwin, der auf der Reise des Beagle Gelegenheit hatte, Atolle und Korallenriffe eingehend zu studieren, war der erste, dem es gelang, eine Auffassung von der Bildung derselben zu gewinnen, welche alle jene Eigentümlichkeiten derselben zu erklären und die bestehenden Widersprüche zu beseitigen schien (*On the structure and distribution of Coral Reefs*. London 1839. 2. edit. 1872). Fußend auf der großen Übereinstimmung, welche besteht zwischen solchen Riffen, die in weitem Kreise felsige Inseln umgeben, und den eigentlichen Atollen, die eine insellose Lagune einschließen, stellte er die Theorie auf, dass die drei Hauptformen von Korallenriffen, welche schon lange von den Seeleuten unterschieden waren, Strandriffe, Barrierriffe und Atolle, nur verschiedene Stadien derselben Entwicklungsreihe darstellten, die durch eine Senkung des Bodens auseinander hervorgegangen seien.

Strandriffe sind eine in den tropischen Meeren außerordentlich verbreitete Erscheinung. Sie umsäumen eigentlich alle Küsten, mit Ausnahme solcher Gegenden, wo die unterseeische Böschung zu steil ist, um einen geeigneten Boden für den Ansatz der Korallen zu bieten, oder wo kalte Meeresströmungen, die Schlamm Massen großer Flüsse oder andere Umstände den Korallen die ihnen nötigen Lebensbedingungen entziehen. Erleidet nun eine solche von Strandriffen umsäumte Küste eine Senkung, so werden nach der Darwin'schen Theorie die Korallen am äußeren Rande, wo durch die lebhafte Brandung und die reichlichere Nahrungszufuhr die günstigsten Existenzbedingungen für sie vorhanden sind, rasch in die Höhe bauen, während nach dem Lande zu durch Mangel an Nahrung und Sedimentanhäufung ihr Wachstum verzögert oder ganz gehindert wird. Aus dem ursprünglichen Strandriff wird so allmählich ein Barrierriff, das von der benachbarten Küste durch einen breiten und tiefen Kanal getrennt ist. Ist dieselbe eine Festlandsküste, so wird das Riff dieselbe in einer langgestreckten Linie begleiten, wie das große Australriff die Nordostküste dieses Kontinents. Ist das sinkende Land dagegen eine Insel oder Inselgruppe, so wird das Barrierriff dieselbe in einem weiten Kranze umgeben. Dauert in dem letzteren Falle die Senkung noch weiter fort, bis auch die höchsten Spitzen der Inseln unter das Meer hinabgetaucht sind, so bleibt eine insellose Lagune übrig, umgeben von einem ringförmigen Riffe, auf dem sich durch die Thätigkeit der Wellen und Winde einzelne niedrige Inseln gebildet haben. Kurz wir haben die Gestalt eines Atolls vor uns, der für weite Gebiete des Stillen und Indischen Ozeans charakteristischen Inselform.

Diese Theorie Darwin's erklärt in der That die besprochenen Eigentümlichkeiten der Koralleninseln, ihre steilen Böschungen, wie ihre ringförmige Gestalt, außerdem eine Reihe untergeordneter Erscheinungen, die wir hier zunächst übergehen können, da unsere weiteren Betrachtungen uns noch wiederholt Gelegenheit bieten werden, auf dieselben zurückzukommen. Nachdem Darwin durch diese Senkungstheorie für die Bildung der Korallenriffe und -inseln eine befriedigende Erklärung gefunden hatte, konnte er nun umgekehrt den Schluss ziehen, dass alle Gebiete, in denen sich Barrierriffe und Atolle finden, Senkungsgebiete, solche mit ausschließlichen Strandriffen stationäre oder Hebungsgebiete darstellten, und konnte daraufhin eine Karte entwerfen, welche durch verschiedene Farben diese Hebungs- und Senkungsgebiete zur Darstellung brachte.

Kurz nachdem Darwin seine Theorie veröffentlicht hatte, besuchte

der berühmte amerikanische Geologe J. D. Dana mit der von der Regierung der Vereinigten Staaten ausgerüsteten Wilkes'schen Expedition die Korallengebiete der Südsee und hatte Gelegenheit, eine Reihe der ausgedehntesten Korallenarchipele, wie die Paumotu-, Gilbert-, Phönix- und Fidjiinseln aus eigener Anschauung kennen zu lernen und eingehend zu untersuchen. Die Resultate seiner Arbeiten veröffentlichte er zuerst in dem »Geological report of the Wilkes exploring expedition« (1849) und später noch eingehender in dem Werke »Corals and Coral Islands« (1872), dem ausführlichsten und gründlichsten, das wir über Korallenbildungen besitzen.

Dana konnte nach seinen Beobachtungen die Darwin'sche Hypothese in allen ihren wesentlichen Punkten bestätigen, ja er war im stande, dieselbe noch durch eine Reihe neuer Gesichtspunkte zu bekräftigen. So machte er die Beobachtung, dass sehr viele der von Barrierriffen eingeschlossenen Felseninseln sehr tiefe fjordartige Einschnitte zeigen, die er, gewiss mit Recht, als Anzeichen einer stattgefundenen Senkung in Anspruch nahm. Die Gambierinseln, Bolabola und Raiatea unter den Gesellschaftsinseln, die Exploringinseln in der östlichen Fidjigruppe, Hogoleu im Karolinenarchipel und Vanikoro sind treffliche Beispiele für diese Erscheinung. An Inseln, die nur von Strandriffen umgeben sind, sollen sich nach ihm dagegen solche tiefe Einschnitte niemals finden, sondern nur seichte Ausbuchtungen der Küste. Dana fand ferner, dass die Atolle selbst noch wieder in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden können: 1. Atolle, die sich einige Meter über die Hochwassermarke erheben und reichlich mit Bäumen und Strauchwerk besetzt sind; 2. Atolle von größerem oder kleinerem Umfang, die größtenteils von den Gezeiten bespült werden und wenig oder gar keinen Pflanzenwuchs zeigen; 3. ganz kleine Atolle, deren Lagune verschwunden ist und sich nur noch in einer inneren Depression zeigt. Dana erklärte diese Unterschiede aus der verschiedenen Intensität und Dauer der Senkung. Ausgedehnte Vegetation kann sich ja offenbar nur da bilden, wo die abwärts gerichtete Bewegung entweder zum Stillstand gekommen oder wenigstens sehr langsam vor sich geht, während sehr rasch sich senkende Atolle meist kahl bleiben und außerdem, da die Korallen nicht ganz senkrecht in die Höhe wachsen, beständig an Größe abnehmen werden. Dana stellte nun weiterhin fest, dass jene drei Atollformen nicht regellos unter einander vorkommen, sondern eine regelmäßige Anordnung zeigen, und fand darin einen weiteren Beweis für die Senkungstheorie. Auch glaubte er auf Grund dieser Thatsache eine Zunahme der Senkung

von den Paumotus nach Norden und Nordwesten und als eigentliche Achse des Senkungsgebiets, das heißt als die Linie, längs welcher die größte und anhaltendste Senkung stattgefunden habe, eine Linie annehmen zu dürfen, die von dem südlichen Japan sich nach Südost südlich von den Marquesasinseln nach der Osterinsel hinzieht. In der seinem »Manual of Geology« beigegebenen physischen Erdkarte ist dieselbe eingetragen. Als ein zweites Depressionsgebiet innerhalb des Stillen Ozeans sieht Dana das Gebiet zwischen der Ostküste Australiens und Neu-Caledonien an, dessen Achse das Korallenmeer von Nordwest nach Südost durchschneidet.

In Bezug auf die allgemeinen Folgerungen befindet sich übrigens Dana nicht überall mit Darwin vollständig in Übereinstimmung. So glaubt er namentlich, dass Gebiete, in welchen die Korallenbildungen vorwiegend oder ausschließlich in der Form von Strandriffen auftreten, durchaus nicht immer stationäre oder Hebungsgebiete sind, sondern dass auch hier unter Umständen Senkungen, wenn auch von geringerem Betrage, stattgefunden haben können. Er weist dabei darauf hin, dass die große Steilheit der Küsten oder neuere vulkanische Thätigkeit die Bildung ausgedehnter Riffe verhindern können. So fehlen an den Küsten der Marquesasinseln, deren tief in das Land einschneidende Buchten eine Senkung zu beweisen scheinen, dennoch infolge der außerordentlichen Steilheit derselben Barrierriffe gänzlich, und selbst Strandriffe sind dort nur sehr sparsam entwickelt. Während ferner Darwin für die meisten der durch Barrierriffe und Atolle charakterisierten Gebiete eine noch im Fortschreiten begriffene Senkung annahm, ist Dana der Überzeugung, dass diese Bewegung in vielen Gebieten bereits zum Stillstand gekommen, ja in anderen in die entgegengesetzte Bewegung übergegangen ist. Er befindet sich dabei durchaus in Übereinstimmung mit einem der anderen Naturforscher der Wilkes'schen Expedition, Couthouy, der in seiner Abhandlung »Remarks on coral formation« auf die gehobenen Koralleninseln der Südsee gerade mit besonderem Nachdruck hingewiesen hat.

Jahrzehnte lang hat sich die Darwin-Dana'sche Senkungstheorie der allgemeinen und ungeteilten Anerkennung erfreut. Allmählich ist gegen dieselbe aber von den verschiedensten Seiten Widerspruch erhoben worden, anfangs vereinzelt und z. T. fast schüchtern, dann immer allgemeiner und entschiedener. Auf diese Einwände wollen wir jetzt zunächst etwas näher eingehen.

Der erste, der die Darwin'sche Hypothese wenigstens in ihrer Allgemeingültigkeit anzufechten versuchte, war Semper (Zeitschr. für

wissensch. Zoologie Bd. XVIII. 1868. S. 563—569, wieder abgedruckt in »Die Philippinen und ihre Bewohner« S. 103—109). Bei einem längeren Aufenthalt auf den Palauinseln fand derselbe, dass der nördlichste Teil dieser Inselgruppe aus Atollen besteht, dass die Riffe, welche die übrigen Inseln umgeben, im mittleren Teil vorwiegend den Charakter von Barrierriffen tragen, im Süden dagegen Strandriffe sind, dass endlich die südlichste Insel Ngaur ganz frei von Riffen ist. Er stellte ferner fest, dass alle südlichen Inseln aus gehobenem Korallenkalk sehr jungen Alters bestehen. Diese Erscheinungen sah er als im Widerspruch mit der Darwin'schen Hypothese stehend an, da sie sich nicht durch Senkung erklären ließen, oder man annehmen müsse, dass sich der südliche Teil der Palauinseln gehoben, der mittlere wenig, der nördliche stark gesenkt habe.

Semper schreibt den wichtigsten Einfluss bei der Bildung der Korallenriffe den durch Ebbe und Flut hervorgerufenen und durch das Wachstum der Korallen und physikalische Einwirkungen beeinflussten Strömungen des Meeres zu. Er gründet diese seine Ansicht vorwiegend auf Beobachtungen, die von ihm an verschiedenen Poritesarten gemacht wurden. »Dieselben bilden Kolonien von Faustgröße bis zu mehreren Metern im Durchmesser. Schon bei kleinen Kolonien treten auf der Oberfläche Furchen auf, die, ursprünglich wohl das Resultat des ungleichen Wachstums der verschiedenen die Kolonie bildenden Individuen, sich bald zu Rinnen gestalten, in denen bei tiefen Ebben das auf der Oberfläche stehen bleibende Wasser seinen Abfluss findet. Der erhöhte Rand dieser bald kreisrunden, bald länglichen Kolonien trägt nach außen lebhaft vegetierende Individuen, die mehr und mehr nach innen krankhaft werden, bis sie zuletzt absterben. Oft bleibt der erhöhte Rand völlig undurchbrochen, aber gewöhnlich wird er durchsetzt von einer oder mehreren tiefen Wasserrinnen. Je nach den verschiedenen Zufälligkeiten der Gestalt in den ersten Anfängen der Kolonien entstehen Formen, welche im kleinen ein Abbild eines Atolls, eines Barrier- oder Strandriffs geben.«

Semper glaubt nun, dass sich diese Verhältnisse im großen wiederholen können. Auch wenn sich anfangs die Kuppe eines Berges gleichmäßig mit Korallen überzöge, so würden sich nach seiner Ansicht dennoch von Anfang an solche Verschiedenheiten herausbilden, dass im Laufe der Zeit bei Hinzutreten des Einflusses der Strömungen große Unregelmäßigkeiten des Riffes hervortreten könnten. Insbesondere würden am Rande die Korallen üppiger wachsen und daher allmählich einen geschlossenen oder von Kanälen durchfurchten erhöhten

Ring bilden, während sie im Inneren allmählich abstürben. Das Ein- und Ausströmen des Wassers bei Ebbe und Flut würde zur Austiefung des inneren Raumes beitragen, wo die losen Blöcke und leichten Sande den kräftig eintretenden Strömungen nur wenig Widerstand entgegensetzten. Die Verschiedenartigkeit der Unterlage würde die Form des Riffs bedingen. Unterseeische Bergrücken würden die Träger von Atollen; aus Küstenriffen würden durch Einfluss jener Strömungen Barrierriffe.

Für die Breite und Tiefe der inneren Kanäle ist nach Semper außerdem die Beschaffenheit der benachbarten Inseln von Wichtigkeit. So erklärt er die Existenz von tiefen Kanälen in dem nördlichen Teil der Palauinseln aus der geringen Widerstandsfähigkeit der dort herrschenden Trachyte, die von dem Meere rasch zernagt werden, während die festen Korallenkalke im Süden dem Meere größeren Widerstand leisten, sodass es dort nicht zur Bildung von Kanälen und Barrierrriffen kommen kann.

Im übrigen leugnet Semper nicht, dass in vielen Fällen die Senkung eines Gebietes den Anstoß zur Bildung von Barrierrriffen und Atollen gegeben haben kann, hält es aber für naturgemäßer, auf verschiedene Wirkungen ihre Bildung zurückzuführen, als auf die einzige Ursache der Senkung, und spricht die Überzeugung aus, dass sich Atolle und Barrierriffe ebensowohl in Hebungs- wie in Senkungsgebieten bilden können.

Weit entschiedener sprach sich einige Jahre später Professor Rein in seinen »Beiträgen zur physikalischen Geographie der Bermudas-Inseln« (Berichte der Senckenberg'schen naturforschenden Gesellschaft 1869/70) gegen die Darwin'sche Senkungstheorie aus. Durch einen zweijährigen Aufenthalt auf den Bermudasinseln hatte er Gelegenheit gehabt, die dortigen Korallenriffe genau kennen zu lernen, und war zu der Überzeugung gelangt, dass für sie die Darwin'sche Theorie nicht zutreffend sei. Dagegen spricht ihm vor allem die Existenz eines Barrierriffs auf der Nord-, eines Strandriffs auf der Südseite und das Vorkommen von ausgedehnten Bänken rezenter Muscheln in Höhen von mehreren Metern über der Hochwassermarke, das für eine neuerdings stattgefundene Hebung spricht. Dagegen hat Rein nirgends Zeichen für eine Senkung finden können. Denn das Vorhandensein isolierter Felsen auf dem Nordriff, die auch ihm nur als Reste einer einst größeren Insel erscheinen, hält er nicht für Beweise einer solchen, sondern nur für Zeugnisse einer mächtigen Zerstörung durch die Brandung. Auch betrachtet er die zunächst benachbarten Küsten

Amerikas und Afrikas als durch Hebung trocken gelegte marine Bildungen und glaubt daher zu dem Schluss berechtigt zu sein, dass die Bermudasinseln in einem Hebungsgebiete gelegen seien.

Sehr bedeutungsvoll wurden dann ferner die Untersuchungen des Grafen von Pourtalès in den westindischen Meeren (»Der Meeresboden des Golfstroms und der atlantischen Küsten Nord-Amerikas.« P. G. M. 1870). Von Pourtalès entdeckte südlich und südöstlich von den Floridariffen und diese fast auf ihrer ganzen Erstreckung begleitend ein Felsplateau, das Al. Agassiz später ihm zu Ehren Pourtalèsplateau getauft hat. Seine größte Breite, 18 Seemeilen, erreicht dasselbe zwischen Elbow-Key und Sombrero-Key, von hier aus sich nach Norden und Westen verschmälernd. Sein Boden besteht aus einem dunkelbraunen festen Kalkstein, an dessen Aufbau fast alle meerbewohnenden Invertebraten: Crustaceen, Mollusken, Echinodermen, Tiefseekorallen, Schwämme und Polythalamien teilgenommen haben. Die Tiefen, bis zu welchen sich dieses Felsplateau erhebt, schwanken zwischen 170 und 550 Meter. Seine Abdachung ist eine sehr allmähliche. Ein ähnlich gebildetes Felsplateau, jedoch von geringerer Ausdehnung, aber mit sehr steilem Abfall nach der Außenseite fand sich an der Nordküste von Cuba. Die auf ihm gemessenen Tiefen schwanken zwischen 400 und 800 Meter.

Diese Entdeckung zeigte, dass unter günstigen Umständen nur durch die Anhäufung der Hartteile verschiedener Organismen sich ausgedehnte Sedimentbänke aus erheblichen Meerestiefen bis nahe an die Oberfläche erheben können. Solche Bänke müssen aber, wenn sie die nötige Höhe erreicht haben, eine sehr geeignete Grundlage für die Bauten riffbildender Korallen abgeben. Es zeigt sich so die Möglichkeit des Aufbaues von Korallenriffen aus großen Meerestiefen ohne Senkung des Untergrundes. Diese Anschauung bildet die eigentliche Grundlage der neuen Korallenrifftheorie Murray's, eines der Naturforscher der Challenger-Expedition (Proceedings of the royal society of Edinburgh vol. X. 1879/80. p. 505—518 und Nat. XXXIX. 1888. p. 424—428). Auch Murray geht in seiner Abhandlung von den Schwierigkeiten aus, welche seiner Ansicht nach der Darwin'schen Senkungshypothese bei solchen Inselgruppen entgegenstehen, welche, wie die Fidji- und Palauinseln, nahe bei einander alle drei Arten von Riffen: Strandriffe, Barrierriffe und Atolle besitzen. Auf Grund der neueren Tiefseeforschungen glaubt er konstatieren zu können, dass sich Atolle im allgemeinen auf unterseeischen Bergrücken gruppieren, und denkt sich ihre Entstehung auf folgende Weise. Die eigentliche

Grundlage der Atolle sind submarine Berge, in den meisten Fällen wahrscheinlich vulkanische Piks. Auf diesen lagern sich nun Schalen von Foraminiferen und Mollusken, Kalkgerüste von Tiefseekorallen, Echinodermen u. a. ab und erhöhen so die Berge. In den größeren Tiefen des umgebenden Ozeans werden diese Ablagerungen sehr viel geringer sein oder ganz fehlen, da die Kalkschalen hier größtenteils beim Herabsinken durch die Kohlensäure des Meerwassers aufgelöst werden, ehe sie den Boden erreichen. Infolgedessen werden jene unterseeischen Berge durch die Sedimentablagerungen nicht nur absolut an Höhe gewinnen, sondern auch im Verhältnis zu den sie umgebenden tiefer gelegenen Teilen des Ozeans und werden daher steil aus großen Tiefen aufsteigen. Schließlich werden sie sich bis zu solchen Tiefen erheben, in denen riffbildende Korallen leben können, und diese werden dann durch ihre Bauten das Gebäude krönen. Die in solcher Weise auf submarinen Bergen gebildeten Korallenpflanzungen nehmen die Atollform an dank der reichlicheren Ernährung des Außenrandes und der Entfernung des toten Korallenfelsens aus den inneren Teilen durch die Meeresströmungen und die auflösende Wirkung der im Seewasser enthaltenen Kohlensäure. In ganz ähnlicher Weise bilden sich Barrierriffe auf der Grundlage von vulkanischem Schlamm und Meeressedimenten.

Ziemlich in gleichem Sinne, wie Murray, hat sich auch Studer, der Zoologe der Gazellenexpedition, ausgesprochen (Verhandlungen des zweiten deutschen Geographentages 1882 S. 23—25), der auch noch darauf hinweist, dass die große Steilheit, mit welcher Atolle und Barrierriffe an der Außenseite abstürzen, kein Grund sei, bei ihrer Erklärung auf die Senkungshypothese zurückzugreifen, da sich auch außerhalb der Korallenzone im Meere zerstreute Inseln finden, welche eben so steil aufsteigen, wie Koralleninseln, und dass auch auf dem Festlande selbst ähnlich steile Abstürze vorkommen.

Auch Rein hat sich noch einmal eingehend mit der Darwin'schen Theorie beschäftigt (»Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe«, Verhandl. des ersten deutschen Geographentages 1881. S. 29—46) und sich wiederum entschieden gegen dieselbe ausgesprochen. Er wiederholt dort zunächst seine schon früher geäußerten Bedenken, bespricht dann die Murray'sche Theorie, der er vollständig beipflichtet, und fügt endlich noch ein neues gewichtiges Moment gegen die Senkungstheorie hinzu. Diese führt notwendig zu der Annahme großer Mächtigkeiten der Korallenbildungen, die stellenweise nahezu 1000 Meter erreichen müssten. Solche mächtige Korallenablagerungen sind nun weder für

die Jetztzeit nachgewiesen, noch bieten nach Rein's Ansicht die früheren geologischen Formationen eine Analogie dafür. Darin sieht er einen weiteren gewichtigen Grund gegen die Senkungstheorie.

Diese verschiedenen Einwände gegen die Darwin'sche Theorie sind von Archibald Geikie (Nat. XXIX. 1883. p. 107—111, 125—128) zusammengestellt und geprüft worden. Derselbe gelangt dabei auch zu dem Schluss, dass nach den Resultaten der neueren Forschungen die Darwin'sche Theorie nicht länger mehr aufrecht erhalten werden könnte, dass dagegen die Murray'sche im allgemeinen sehr geeignet sei, die Bildung der Korallenriffe zu erklären. Nur für die Entstehung einiger Atolle mit sehr tiefer Lagune hält er die Mitwirkung von Senkung nicht für unwahrscheinlich.

In neuester Zeit hat endlich Guppy eine Theorie für die Entstehung der Atolle und Barrierriffe aufgestellt, die freilich in der Hauptsache mit der Murray'schen übereinstimmt, indem auch sie als Grundlage der Atolle unterseeische vulkanische Berge und auf denselben aufgehäuftes Sediment annimmt und die Bildung der Lagunen und Lagunenkanäle auf die chemische und mechanische Erosion des Meeres zurückführt, andererseits aber nicht unerhebliche Abweichungen von derselben zeigt. Während nämlich Murray einen stationären Zustand voraussetzt, behauptet Guppy im allerschärfsten Gegensatz gegen Darwin, dass Atolle nur in Hebungsgebieten sich bilden können. Auch die Barrierriffe sollen nach ihm zum Teil unter Mitwirkung von Hebungen entstanden sein, während er sich andere aus ursprünglichen Strandriffen durch Weiterwachsen nach außen auf Grund des von ihnen selbst stammenden Trümmermaterials gebildet denkt. Diese Theorien Guppy's stützen sich auf die eingehenden Untersuchungen und sorgfältigen Beobachtungen, welche er an den Riffen des Salomonarchipels (»The Salomon Islands, their geology« etc. 1886; ferner »Observations on the recent calcareous formations of the Salomon group made during 1882—1884«. Nat. XXXIII. 1885. p. 202—206 und »Notes on the characters and mode of formation of the Coral Reefs of the Salomon Islands«. Proc. of the royal soc. of Edinburgh. v. XIII. 1885/86. p. 857—905) und der Keelinginseln (»The Corals-Keelings Islands«. Scottish geogr. Mag. vol. V. 1889. p. 282—297, 457—474, 569—580; Nat. vol. XL. 1889. p. 53, 54) angestellt hat. Dieselben haben ein außerordentlich reiches Material zur Beurteilung der Frage nach der Entstehung der Barrierriffe und Atolle zu tage gefördert, mit dem wir uns noch wiederholt zu beschäftigen haben werden. Manche der von Guppy beobachteten Thatsachen scheinen in der That

auch auf den ersten Blick sehr gegen die Darwin'sche Theorie zu sprechen. Seinen Entdeckungen ist es auch in erster Linie zuzuschreiben, dass die Mehrzahl der Geographen sich von den Anschauungen Darwin's abgewandt und den Theorien Murray's und Guppy's ihre Zustimmung erteilt haben. Ich möchte hier namentlich noch auf die Darstellung der Korallenrifftheorien in Professor Supan's »Lehrbuch der physischen Erdkunde« und auf seine eingehenden Rezensionen der Guppy'schen und anderer auf diese Frage bezüglichen Arbeiten in Petermann's geographischen Mitteilungen hinweisen.

Indessen hat es auch nicht an Widerspruch gegen die Theorien Murray's und Guppy's gefehlt. Nicht nur hat Dana (A. J. sér. 3. vol. XXX. 1885. p. 89—105, 169—189) selbst seine Theorie noch einmal nachdrücklich verteidigt und verschiedenes neues Beobachtungsmaterial zusammengestellt, das zu Gunsten derselben spricht. Auch die beiden berühmten Wiener Geologen Professor Sueß (»Antlitz der Erde«. Bd. II. Abschn. 7) und Professor Neumayr (»Erdgeschichte«. Bd. I) haben sich im wesentlichen wieder auf den Darwin-Dana'schen Standpunkt gestellt. Seiner mehr populären Darstellung gemäß hat sich der letztere allerdings auf eine eigentliche Diskussion des Gegenstandes nicht eingelassen. Dagegen hat Sueß in der That eine Reihe neuer Gesichtspunkte hervorgehoben. Seiner präzisen und geistvollen Darstellung verdanke ich denn auch mannigfache Anregung bei meiner Arbeit. Eine eingehende Besprechung dieser speziellen Frage lag aber auch außerhalb des Rahmens seines großen Werkes. Eine gründliche Behandlung der Frage erscheint aber um so notwendiger, als Sueß selbst auf der Darwin'schen Senkungstheorie verschiedene wichtige Schlussfolgerungen aufbaut.

Betrachten wir noch einmal übersichtlich die verschiedenen Einwände, welche gegen die Darwin'sche Senkungstheorie erhoben worden sind und die gleichzeitig die wesentliche Grundlage der neuen Theorien Murray's und Guppy's bilden, so ergeben sich im wesentlichen vier Punkte: 1. das gleichzeitige Vorkommen von Atollen, Barrierriffen und Strandriffen in nahe benachbarten Gebieten lässt sich nicht mit der Senkungstheorie in Einklang bringen, ebensowenig wie das Auftreten der beiden ersten Riffformen in Gebieten, in welchen neuere Hebungen konstatiert sind. 2. Die Entdeckung ausgedehnter submariner Sedimentbänke gebildet aus den Kalkgerüsten von Foraminiferen, Tiefseekorallen, Mollusken u. a. gewährt die Möglichkeit, die Bildung der Atolle und Barrierriffe auch ohne Zuhülfenahme der Senkung zu erklären; und diese Annahme erscheint wahrscheinlicher,

als diejenige so ausgedehnter Senkungsfelder, wie man sie nach der Senkungstheorie voraussetzen gezwungen ist. 3. Die ringförmige Gestalt der Atolle erklärt sich lediglich durch das bessere Gedeihen der Korallen an dem der Brandung stärker ausgesetzten Teil des Riffs und durch die Fortführung des toten Korallenmaterials aus der Lagune durch die Thätigkeit der Meeresströmungen und die auflösende Wirkung der im Meerwasser enthaltenen Kohlensäure. In derselben Weise sind die tiefen Kanäle gebildet, welche die Barrierriffe von dem benachbarten Festland trennen. 4. Die auf die Senkungstheorie gegründete Berechnung der Mächtigkeit von Korallenriffen findet nirgends eine Bestätigung. Weder sind unter den modernen Riffen solche von derartiger Mächtigkeit bekannt, noch bieten die früheren geologischen Formationen irgend ein Analogon dazu.

Es wird im folgenden meine Aufgabe sein, nachzuweisen, dass einige der Thatsachen, auf Grund deren diese Einwände gegen die Darwin-Dana'sche Theorie erhoben worden sind, unrichtig sind, dass die anderen dagegen sehr wohl mit dieser Theorie in Einklang gebracht werden können, dass dieselbe endlich die Eigentümlichkeiten des Baues der Atolle und Barrierriffe in völlig genügender Weise erklärt, während dazu die Theorien von Murray und Guppy nicht im stande sind, vielmehr mit einer Reihe wichtiger Thatsachen im Widerspruch stehen.

Ich bemerke dabei, dass ich mich überall da, wo es sich nicht um wirklich nachweisbare Senkungen und Hebungen der Erdrinde handelt, im allgemeinen der von Sueß eingeführten Bezeichnungen »positive und negative Bewegungen« bedienen werde, die es unentschieden lassen, ob das Feste oder Flüssige der eigentlich bewegte Teil ist. Erst im letzten Abschnitt werde ich auf die Natur dieser Bewegungen selbst eingehen. Für die Darwin'sche Theorie ist es ja im Grunde gleichgültig, ob man eine Senkung des Festen oder ein Anschwellen des Meeres annimmt.

I. Abschnitt.

Korallenriffe in stationären Gebieten und solchen mit negativen Bewegungen.

1. Westindien. Die Floridariffe und Keys. Wirkungen des Golfstroms und der östlichen Gegenströmung. Die Riffe von Cuba. Die Bahamas. Die große Salt Key Bank. Theorie von Al. Agassiz über die Bildung der Riffe. Die Riffe der Kleinen Antillen. Die Riffe an den Küsten Mittel-Amerikas. — 2. Die Philippinen. Riffe bei Bohol. Das Appuriff. — 3. Die Salomonsinseln. Allgemeiner Charakter derselben. Die erhobenen Barrierriffe der Insel Alu. Das Oimaatoll. — In Westindien, den Philippinen, den Salomonsinseln herrschen ganz andere Verhältnisse, als in den Korallengebieten, für welche Darwin und Dana ihre Theorie entwickelt haben. — Die Begriffe »Strandriff«, »Barrierriff«, »Atoll« sind auf die Riffe Westindiens kaum anwendbar. Vergleich zwischen den Bahamas und dem Maldivaarchipel. Zwischen dem Australriff und dem Barrierriff von Neu-Caledonien einer-, den Florida- und Yukatanriffen andererseits.

In diesem ersten Kapitel sollen diejenigen Gebiete der Erde besprochen werden, in welchen die Bildung von Barrierriffen und Atollen oder diesen ähnlichen Korallenbildungen ohne positive Verschiebung der Niveaulinie sich konstatieren lässt. Eine eingehende Darstellung dieser Gebiete erscheint unerlässlich, einmal, um die besonderen Verhältnisse kennen zu lernen, unter denen derartige Bildungen möglich sind, dann aber vor allem, um die erheblichen Verschiedenheiten feststellen zu können, welche zwischen diesen und jenen anderen ausgedehnten Gebieten des Indischen und Stillen Ozeans bestehen, für welche wir die Notwendigkeit einer positiven Niveauveränderung zur Erklärung der in ihnen gelegenen Korallenbildungen nachweisen wollen. Das ausgedehnteste und zugleich am eingehendsten durchforschte der hier in Betracht kommenden Gebiete ist Westindien. Mit diesem beginnen wir daher. (Wichtigste Litteratur: Darwin, »On the structure and distribution of Coral Reefs« S. 206—215 der deutschen Ausgabe, nach der ich überhaupt immer citiert habe; Tuomey, »The Florida Reefs and

Keys«, A. J. ser. 2. vol. XI. 1851; Al. Agassiz, »Coast Survey Reports for 1851 and 1866«; derselbe, »The Tortugas and Florida Reefs«. Memoirs of the Amer. Acad. of sciences and arts vol. XI. 1885; von Pourtalès, »Der Boden des Golfstroms und der Atlantischen Küste Nordamerikas«, P. G. M. XVI. 1870; Hunt, »The Florida Reefs«, A. J. 2 ser. vol. XXXV. 1863; Nelson, »On the geology of the Bahamas and on Coral-Formations generally«. Quart. journ. of the geol. soc. vol. IX. 1853; Sharples, »Turks Island and the Guano Caves of the Caikos Islands«. Proc. of the Boston soc. of nat. hist. vol. XXII. 1883.)

Von Kap Florida zieht sich um den südlichen Teil der gleichnamigen Halbinsel in sichelförmigem Bogen eine Kette von Korallenriffen, zuerst in direkt südlicher Richtung, dann in eine südwestliche und schließlich in eine rein westliche übergehend. Zwei einander im wesentlichen parallel laufende Linien lassen sich dabei scharf unterscheiden, die Linie der Keys und diejenige des eigentlichen Außenriffs, zwischen denen sich ein schiffbarer Kanal befindet, dessen Breite zwischen 2 und 7 Seemeilen wechselt und dessen Tiefe in der Richtung von N.-O. nach S.-W. von 3 bis auf 12 Meter zunimmt. Die Keys sind eine Reihe in der Hauptrichtung des ganzen Zuges langgestreckter, schmaler und niedriger Inseln. Ihre Breite wechselt von $\frac{1}{4}$ —1 Seemeile, ihre Höhe beträgt durchschnittlich nur 2—3 Meter über dem mittleren Wasserstande, nur Key West erhebt sich an einigen Stellen bis zu 6 Meter Höhe. Sie bestehen ausschließlich aus Anhäufungen von gröberen und feineren Trümmern von Korallengestein, vermischt mit zerbrochenen Schalen von Mollusken und anderen Seetieren. Zum Teil erscheinen dieselben noch in der Form von losen Sanden und Geröllen, meist aber sind sie durch die Wirkung des Wassers und Druck in ein festes Gestein mit sehr deutlich oolithischer Struktur umgewandelt. Lebende Korallen und fester Korallenfels finden sich dagegen an den Keys nicht. Nur die westlichsten derselben zeigen einen abweichenden Bau. Die Pinn Keys sind eine Anhäufung von Inselchen, deren Längsrichtung zum Teil gegen die Hauptrichtung des ganzen Zuges senkrecht steht, und die in ihrer Gesamtheit eine ziemlich erhebliche Breite einnehmen. In den westlichsten, den Marquesas Keys endlich haben wir eine durchaus atollförmige Bildung vor uns. Hier tritt neben jenen Trümmergesteinen auch fester Korallenfels auf.

Die Linie des Außenriffs, die, wie gesagt, im allgemeinen derjenigen der Keys parallel ist, sich jedoch im Westen etwas weiter

von ihnen entfernt, ist das eigentliche Gebiet der lebenden Korallen. Das ganze Außenriff ist ausschließlich aus festem Korallengestein aufgebaut, nur auf seiner oberen breiten Fläche haben sich ebenfalls Korallentrümmer angehäuft, die an einzelnen Stellen kleine Inselchen gebildet haben. Verschiedene nicht sehr breite und wenig tiefe Kanäle durchsetzen das Riff. Nach dem inneren Kanal dacht sich dasselbe sehr sanft ab, seine äußere Böschung ist steiler, doch erreicht sie nicht annähernd die Steilheit, wie sie die Atolle und Barrierriffe des Stillen und Indischen Ozeans oder selbst die benachbarten Bahamainseln nach außen zeigen. Die äußere Begrenzung des Riffs bildet dann jenes ausgedehnte Felsplateau, das wir unter dem Namen des Pourtalès-Plateaus schon oben kennen gelernt haben.

Das Außenriff endet gegenüber den Marquesas Keys, die Linie der Keys setzt sich dagegen noch weiter westlich fort in der Rebecca- und Isaakuntiefe und endet im Westen mit den Tortugasriffen, an deren Aufbau lebende Korallen einen bedeutenden Anteil haben. Sie können als ein noch in Bildung begriffenes unvollständiges Atoll angesehen werden.

Die zwischen den Keys und der Halbinsel Florida gelegenen Meeresteile, die Biscayne- und Floridabucht sind außerordentlich flach. Die Wassertiefe beträgt nirgends mehr als 5 Meter, im Osten ist sie aber noch weit geringer. Der ganze Boden ist von feinem Korallendetritus bedeckt.

Die Bildung dieser Riffe und Keys wurde früher wesentlich dem Einfluss des Golfstroms zugeschrieben und es unterliegt auch keinem Zweifel, dass demselben eine hervorragende Rolle dabei zufällt, namentlich durch die Zuführung reichlicher Nahrung für die lebenden Korallen. Jedoch zeigten genauere Untersuchungen, dass nicht alle Erscheinungen, welche die Riffe darboten, durch die Wirkungen des Golfstroms erklärt werden konnten; auch ergab sich, dass derselbe der Linie der Riffe nicht völlig parallel verläuft. Eine genügende Erklärung wurde erst dann möglich, als durch Hunt die Existenz eines nördlich vom Golfstrom nach Westen verlaufenden Gegenstromes nachgewiesen wurde, der zwar in Stärke und Ausdehnung schwankend, doch jedenfalls beständig der Linie der Riffe genau parallel verläuft. Einen wichtigen Einfluss üben ferner die Südost-Passate und die ebenfalls meist von Südost kommenden heftigen Hurricans aus. Den schon von Hunt gegebenen Andeutungen folgend hat Al. Agassiz in neuester

Zeit eine Theorie über die Entstehung der Floridariffe und Keys entwickelt, die wir hier in kurzem darlegen wollen.

Die Bildung des Außenriffs begann bei Kap Florida und schritt von dort allmählich gegen Süd-Westen und Westen fort, indem die Gegenströmung das von dem Riff durch die Brandung losgerissene Material weiterführte und so den Boden allmählich so weit erhöhte, dass die riffbauenden Korallen ihr Werk fortsetzen konnten. Die Keys dagegen sind nicht etwa eine frühere Riffbildung, sondern sie sind ausschließlich aus Korallen- und Schalentrümmern aufgebaut, die durch die Gegenströmung und die von Süd-Ost kommenden Winde über das Außenriff hinübergeführt und in einiger Entfernung von demselben abgelagert wurden. Sie entsprechen also den »beach sandrock«, Bildungen, wie sie von Dana als eine charakteristische Erscheinung aller von Riffen umgebenen Küsten geschildert werden (»Coral Islands« p. 152—154). Während so das gröbere Material in der Linie der Keys zur Ablagerung gelangte, wurden die feinsten Detritusmassen noch weiter fortgeführt und erst in der ruhigen See jenseits derselben abgelagert. Je mehr die Riffbildung nun nach Westen fortschritt, um so mehr kam die Linie der Keys durch die Wirkung der südöstlichen Winde in Vorteil gegen die des Außenriffs. Die Anhäufung von Trümmermaterial fand auf der ersteren viel reichlicher statt, als auf der letzteren. Die Keys wuchsen so nach Westen über das Außenriff hinaus. Sie wurden dadurch den Wellen des offenen Meeres ausgesetzt und es wurden so auch auf ihnen die Bedingungen für das Wachstum riffbildender Korallen hergestellt. Diese begannen nun auch hier ihr Werk und bauten die atollförmigen Marquesas- und Tortugariffe auf.

Der Prozess, den wir hier noch fortschreitend vor uns sehen, hat an der Küste von Florida schon wiederholt sich abgespielt. Der ganze südliche Teil von Florida, südlich des Okeechobeesees ist durch Korallen aufgebaut. Eine ganze Reihe konzentrischer Riffe ziehen sich durch das Land hin und die Zwischenräume sind ausgefüllt von feinem Korallendetritus, wie er jetzt die Biscayne- und Floridabucht allmählich ausfüllt. Der Okeechobeesee selbst und die Sumpfniederungen der Everglades sind die Reste des alten Meeres, welche durch die Bauten der Korallen von diesem abgetrennt sind.

Gegenüber der Südostspitze Floridas, von dieser durch den Florida- oder Beminikanal getrennt, beginnt die Doppelreihe der Bahamas, welche sich von dort annähernd der Küste von Cuba parallel gegen 600 Seemeilen weit nach Süd-Osten zieht. Die beiden nördlichsten

Inseln stehen auf einer gemeinsamen Bank, der »Kleinen Bahamabank«, ebenso umfasst eine ausgedehntere, die »Große Bahamabank« die sechs folgenden Inseln. Die südlicheren Inseln sind mehr vereinzelt und besitzen zum Teil atollähnliche Gestalt, so namentlich die Caicosinseln und die kleine Turkinsel, die südlichste der ganzen Gruppe. Tiefe Kanäle trennen die einzelnen Bänke und Inseln von einander. Diese selbst bestehen aus zertrümmertem Korallenmaterial, das teils als loser Sand, teils als fester oolithischer Fels auftritt. Lebende Riffe umsäumen dieselben als Strandriffe, namentlich dort, wo sie den Wirkungen der herrschenden Winde und Meeresströmungen ausgesetzt sind. Der Abfall der Bahamainseln nach Nord-Osten gegen den offenen Ozean ist ein sehr steiler. In allernächster Nähe finden sich hier die größten Tiefen, welche überhaupt bisher im Atlantischen Ozean gemessen worden sind. Auch gegen die Floridastraße ist der Abfall noch ein verhältnismäßig steiler, viel sanfter ist derselbe dagegen gegen den alten Bahamakanal, der die Inseln von Cuba trennt; in dessen nördlichem Teile überschreiten die Tiefen nur wenig 200 Meter. Nach Süden zu wird dieser Kanal, eben so wie die Kanäle, welche die einzelnen Inseln trennen, tiefer. In diesem Gebiet haben aber in der That auch positive Bewegungen stattgefunden, wie wir weiter unten ausführen werden.

Die ganze Nordküste Cubas ist ebenfalls von Riffen umsäumt, die ihrer Entfernung von der Küste nach wohl zu den Barrierriffen gerechnet werden könnten, aber doch ihrer Bildung nach von echten Barrierriffen sich wesentlich unterscheiden. Sie haben sich auf dem äußeren Rande ausgedehnter Sedimentbänke gebildet, welche durch die Meeresströmungen längs der ganzen Nordküste Cubas aufgehäuft sind.

In dem dreieckigen Raume zwischen Florida, Cuba und den Bahamainseln liegt dann ferner noch eine sehr interessante Bildung, die große Salt-Key-Bank. Dieselbe ist eine flache Bank, welche 7—11 Meter Wassertiefe besitzt und deren Oberfläche von feinem Sand bedeckt ist. Den Untergrund bildet ein oolithischer Fels, aus Trümmern von Korallen und Schalen zusammengesetzt. Am Rande der Bank haben sich Korallen angesiedelt und durch ihre Bauten denselben erhöht. Diese Erhöhung des Randes hat dazu geführt, dass sich hier an verschiedenen Stellen größere Sandmassen angehäuft haben, die teilweise zu einem oolithischen Fels verfestigt sind, teilweise als ausgedehnte Dünen erscheinen und bis zu 5 Meter Höhe über dem Wasser sich erheben. So sind die großen trockenen Bänke Double-Headed-Shot-Key, Salt-Key, Elbow-Key und Anguilla-Key entstanden. Nach außen

fällt die ganze Bank gegen das Bett des Golfstroms und den Santareumkanal ziemlich steil, gegen Süden zu flacher ab.

Ueber die Entstehung der eben besprochenen Inseln und Bänke hat Al. Agassiz folgende Theorie aufgestellt, die der Hauptsache nach wohl der Wirklichkeit entsprechen dürfte. Nach ihm setzen sich die alten Falten der Erdrinde, welche Florida durchziehen und die eigentliche Achse dieser Halbinsel bilden, nach Süden und Süd-Osten in die Bahamakette und bis nach Cuba hin fort. Sie bilden die eigentliche Grundlage sowohl der Bahamainseln, wie der Salt-Key-Bank. Ehe die Inseln und Riffe sich bildeten, floss der Golfstrom noch nicht durch diese beengt in viel bedeutenderer Breite als jetzt und daher auch mit geringerer Geschwindigkeit über diese unterseeischen Ketten hinweg. Das außergewöhnliche reiche tierische Leben, welches in dem Golfstrom herrscht, brachte eine reichliche Ablagerung von Kalkschalen mit sich, durch welche der Boden allmählich erhöht und unterseeische Plateaus gebildet wurden, wie wir ein solches noch gegenwärtig im Pourtalèsplateau in Bildung sehen. Diese Plateaus wurden dann die Grundlagen für die Bauten riffbildender Korallen. Durch sie und die weiter fortschreitende Anhäufung von Kalkschalen und Korallentrümmern wurden dann die Bahamainseln sowohl wie die Salt-Key-Bank und die Riffe der Nordküste von Cuba gebildet. Die Meeresströmungen dagegen hielten einzelne Kanäle zwischen ihnen offen. Der Golfstrom selbst wurde wesentlich in den engen Kanal zwischen Florida und den Bahamas eingezwängt. Zu einer ganz ähnlichen Auffassung war schon vor Jahren Kapitän Nelson gelangt. Auch er betrachtete die Achse von Florida und die Grundlage der Bahamas und der Inseln unter dem Winde als einen gemeinsamen, S-förmig gebogenen Höhenzug, der durch Sedimente allmählich erhöht sei, und bezeichnete das durch die Bahamas und die Salt-Key-Bank eingenommene rechtwinkelige Dreieck geradezu als das Delta des Golfstroms.

Die Südseite von Cuba, ebenso die Küsten von Jamaika, Haïti und Portorico scheinen nur von Strandriffen umgeben zu sein. Von den Kleinen Antillen ist die westliche vulkanische Kette ziemlich frei von Korallen, dagegen haben sich dieselben sehr reich an der östlichen Reihe entwickelt, welche der Wirkung des Äquatorialstromes und der Passate unmittelbar ausgesetzt ist. Auch sind diese Inseln selbst zum Teil aus Korallenkalk aufgebaut, so dass man hier eine negative Verschiebung der Uferlinien annehmen muss.

Sehr ausgedehnte und gerade für uns sehr interessante Korallenbildungen finden sich endlich an den Küsten Central-Amerikas,

namentlich denen von Yukatan, Honduras und der Mosquitoküste. Dieselben sind von ausgedehnten Sedimentbänken, unter denen die Yukatan- und Hondurasbank die bedeutendsten sind, umgeben, welche z. T. außerordentlich weit in das Meer hinaus sich erstrecken. Ihre ziemlich ebene Oberfläche liegt in einer Tiefe von 4—35 Meter. Nach außen fallen sie ziemlich steil mit Winkel bis zu 45° ab. Verschiedene isolierte Bänke von ganz gleichem Charakter, wie die Misteriosa-, Thunder-Knoll-, Rosalinde-, Pedro- und Roncadorbank sind ihnen noch vorgelagert. Insbesondere zieht sich vom Ende der Mosquitobank nach Jamaika eine ganze Reihe solcher Bänke herüber. Nun ist es wohl als ziemlich sicher zu betrachten, dass ehemals Yukatan mit dem Westende von Cuba und ebenso Honduras mit Jamaika durch festes Land verbunden war. Ein Blick auf die Tiefenkarte des Karaibischen Meeres (siehe A. H. 1885. Taf. 14) zeigt denn auch deutlich das Vorhandensein unterseeischer Höhenzüge auf diesen Linien und diese bilden daher ohne Zweifel die Grundlage jener Sedimentbänke. Die Sedimentmassen selbst aber stammen ihrer Hauptmasse nach von der Äquatorialströmung her, welche in der That sehr viel Detritus von der Nordostküste Süd-Amerikas mit sich führt.

Diese Sedimentbänke bilden nun die Grundlage für ausgedehnte Korallenbauten. Lange lineare Riffe erstrecken sich oft weithin an den Rändern jener Bänke und müssten ihrer großen Entfernung vom Lande wegen wohl zu den Barrierriffen gerechnet werden. Häufiger noch finden sich isolierte Riffe von meist halbmondförmiger Gestalt, welche ihre konvexe Seite der Richtung der herrschenden Winde zukehren. An anderen Stellen endlich ist es zur Bildung von Atollen gekommen, die allerdings alle eine außerordentlich flache Lagune besitzen und auch nach außen nicht sehr steile Böschungen zeigen, sich aber im übrigen nur wenig von den Atollen der Südsee und des Indischen Ozeans unterscheiden. Dahin gehören vor allem das große Alacran- oder Skorpionriff auf der Yukatanbank und die Turniffe-, Lighthouse- und Gloverriffe, welche gegenüber der Küste von Britisch Honduras etwas außerhalb des dort vorhandenen linearen Riffes liegen. Es ist klar, dass diese halbmondförmigen Riffe und Atolle ihre Gestalt in der That den Wirkungen der Meeresströmungen und vorherrschenden Winde und der Eigentümlichkeit der riffbildenden Korallen verdanken, in starker Brandung am besten zu gedeihen.

Ein zweites Gebiet, in welchem Atolle und Barrierriffe ohne positive Bewegung entstanden zu sein scheinen, sind die Philippinen. Dieselben sind eine entschieden im Aufsteigen begriffene Inselgruppe.

Gehobene Korallenriffe jungen Alters finden sich auf den meisten Inseln, und manche derselben stehen noch unmittelbar mit den lebenden Riffen in Verbindung, so namentlich an der Westküste Luzons (v. Drasche, »Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon« S. 45), so dass an dem jungen Alter der Hebungen nicht zu zweifeln ist. Dennoch scheinen Barrierriffe und selbst atollartige Bildungen innerhalb dieser Inselgruppe vorzukommen. Wir besitzen allerdings nur eine einzige etwas eingehendere Beschreibung solcher Vorkommnisse von Professor Semper (»Die Philippinen und ihre Bewohner« S. 22 ff.). Dieselbe bezieht sich auf die Umgebung der Insel Bohol. An der Ost- und Südküste dieser Insel, welche dem Einfluss starker Meeresströmungen ausgesetzt sind, finden sich nur Strandriffe, die sehr steil zu Tiefen von 200 Meter abstürzen. Im Südwesten dagegen, wo die Strömungen weniger wirksam sind, schließt sich an die aus gehobenem Korallenkalk bestehende kleine Insel Panglao ein keilförmiges Riff an, dessen breite Außenränder erhöht sind und zur Ebbezeit vollständig trocken liegen. Die innere Fläche dagegen weist Tiefen bis zu 7 Meter auf und schließt einige kleine aus Korallentrümmern bestehende Inselchen ein. Die ganze Bildung erinnert also einigermaßen an ein Atoll. An der Westküste Bohols wird das zuerst wegen des nahe herantretenden Stromes sehr schmale Riff gegen Norden hin breiter und nimmt an der Nordwestküste ganz den Charakter eines Barrierriffs an. Im Norden Bohols endlich in einem verhältnismäßig ruhigen Dreieck zwischen den beiden Strömen, in welche sich der zwischen Leyte und Cebu verlaufende Strom teilt, hat sich ein ganzes Labyrinth von flachen Koralleninseln und Riffen entwickelt, das von Bohol durch einen 18 Meter tiefen Kanal getrennt ist. Ohne Zweifel hat Semper Recht, wenn er die Verschiedenartigkeit der Bildungen wesentlich auf die Wirkungen der Meeresströmungen zurückführt, wenn dies auch vielleicht in etwas anderer Weise zu stande gekommen ist, wie derselbe vermutet. Semper nimmt nämlich an, dass die starke Strömung das Wachstum der Korallen nach außen hindere, während dieselben in dem ruhigen Wasser ungehindert sich ausbreiten könnten. Dem gegenüber möchte ich die Verschiedenheit der Bildungen wesentlich darauf zurückführen, dass in den ruhigen Meeresteilen zwischen den Strömungen reichlich Sediment abgelagert und so eine geeignete Grundlage für ausgedehntere Korallenbauten gegeben wird, während innerhalb der starken Strömungen die Sedimentablagerung eine weit geringere sein muss. Da aber hier unmittelbar neben dem Strandriff Tiefen von 200 Meter sich finden, so war eine weitere Ausdehnung der Korallenbauten hier unmöglich.

Wir sehen mithin hier im kleinen die Verhältnisse Westindiens wiederholt, indem sich auch hier im kleinen die Ausdehnung und der Charakter der Korallenbauten wesentlich von den Meeresströmungen und der Sedimentverteilung abhängig zeigt.

Im übrigen scheinen die Riffe, welche die Inseln der Philippinen fast überall mit Ausnahme der Mündungsgebiete größerer Flüsse umsäumen, fast ausschließlich Strandriffe zu sein und sich nur hier und da etwas weiter von der Küste zu entfernen. (Vergl. außer den schon angeführten Werken von Semper und v. Drasche noch A. H. 1877 S. 344 ff.) v. Drasche erwähnt freilich das Vorkommen von Atollen, ohne indes etwas näheres über deren Lage und Beschaffenheit anzugeben. Ebenso giebt Darwin (a. a. O. S. 187) an, dass nahe der Südwestküste von Mindanao ein atollförmiges Riff, das Appuriff, vorhanden sei, das 10 Seemeilen Durchmesser habe. Eine genauere Beschreibung fehlt aber auch hier.

Ein weiteres Gebiet, in welchem sich die Bildung von Barrierriffen und atollartigen Inseln ohne Mitwirkung einer positiven Bewegung vollzogen hat, hat uns in neuester Zeit Guppy durch seine eingehenden Untersuchungen in dem Salomonsarchipel bekannt gemacht (Guppy, »The Salomon Islands«. vol. I. London 1887; ferner dessen Abhandlungen »Observations of the recent calcareous formations of the Salomon Group during 1882—84«. Transactions of the royal soc. of Edinburgh vol. XXXIII. part. III. 1885, und Nature vol. XXXIII. 1885, und »Notes on the characters and mode of formation of the Coral Reefs of the Salomon Islands«. Proc. of the royal soc. of Edinburgh. vol. XIII. 1886). Ich kann mich über dasselbe allerdings an dieser Stelle ziemlich kurz fassen, da die außerordentlich interessanten Beobachtungen Guppy's und die von ihm aus denselben gezogenen Schlüsse ein näheres Eingehen auf die Verhältnisse der Salomonsinseln noch an einer späteren Stelle notwendig machen.

Die Salomonsinseln bestehen, so weit unsere Kenntniss reicht, vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen z. T. sehr jungen Alters; auch ist dort die vulkanische Thätigkeit noch nicht vollständig erloschen, wenn sie auch nur in dem Vorhandensein von Solfataren und heißen Quellen ihren Ausdruck findet, und aktive Vulkane wahrscheinlich nicht mehr vorhanden sind. Neben den vulkanischen Gesteinen nehmen aber auch junge Meeressedimente und Korallenbildungen einen hervorragenden Anteil an dem Aufbau der Inseln. Guppy hat nun neuere Hebungen von zum Teil sehr bedeutendem Betrage innerhalb dieser Inselgruppe nachgewiesen. Durch diese Hebungen sind auch der Bau

zahlreicher Korallenriffe und ihre Beziehungen zu den vulkanischen Inseln klar gelegt worden. Dabei hat sich ergeben, dass den eigentlichen Kern sehr zahlreicher kleiner oder mittelgroßer Inseln ein vulkanischer Pik bildet, der wie von einem Mantel von Ablagerungen vulkanischen Muds, Foraminiferen- und Pteropodenschlammes umhüllt ist. Diese Schlammablagerungen sind dann wieder die Grundlage für den Aufbau von Korallenriffen geworden, von denen einige entschieden den Charakter von Barrierriffen gehabt haben müssen. Das gilt insbesondere von den gehobenen Riffen der Insel Alu im nordwestlichen Teil der Gruppe. Der nordwestliche höchste Teil derselben wird von vulkanischem Gestein, vorwiegend Quarz-Diorit gebildet. Nach Osten und Südosten zu wird dieser Kern umhüllt von Pteropoden- und Foraminiferenschlamm. Auf dieser Grundlage erheben sich dann eine Anzahl konzentrischer Korallenriffe, deren beide jüngste noch von der Insel Alu durch Kanäle getrennt sind. Diese Riffe haben sich offenbar während der fortschreitenden Hebung der Insel gebildet, indem immer weitere Meeresteile bis in die Korallenriffzone gelangten und, nachdem dort ein Riff entstanden war, dieses dann selbst wieder über den Meeresspiegel erhoben wurde. Das gehobene Atoll Santa Anna zeigt ebenfalls an seinem höchsten Punkt einen Kern vulkanischen Gesteins. Ein anderer vulkanischer Fels erhebt sich an seinem nördlichen Rande.

Ferner finden sich in der Gruppe der Salomonsinseln noch lebende Riffe von allen drei Hauptformen. Obgleich nun, wie ich weiter unten nachzuweisen suchen werde, bei der Bildung vieler derselben positive Bewegungen entschieden mitgespielt haben, so finden sich doch auch unter ihnen solche, die ihre Gestalt anderen Ursachen verdanken. Als ein besonders interessantes Beispiel der letzteren Art will ich hier nur das Oimaatoll an dem nördlichen Eingang der Bougainvillestraße erwähnen. Dies Atoll ist gebildet um eine Gruppe von 6 felsigen Inselchen, die aus Hornblende-Andesit bestehen und sich zu Höhen von 6—30 Meter über dem Meeresspiegel erheben. Die um diese Felsen gebildeten Riffe haben sich allmählich mit einander vereinigt und unter Einwirkung der Meeresströmungen eine Gestalt angenommen, die einigermaßen an ein Atoll oder besser gesagt ein Doppelatoll erinnert. Es schließen dieselben nämlich zwei Bassins von 35 Meter Tiefe ein, die durch eine Bank getrennt sind, welche bei tiefer Ebbe nahezu trocken fällt. Die Tiefen, aus denen sich dieses Atoll erhebt, betragen 70—90 Meter, zu welchen es unter Winkeln von 12° — 26° abfällt.

Wir haben nun mehrere Gebiete der Erde kennen gelernt, in denen sich auf der Grundlage großer Sedimentbänke oder vulkanischen Schlammes Korallenriffe angesiedelt haben, die teils als lineare Riffe in ziemlicher Entfernung die Küsten von Kontinenten oder Inseln begleiten und daher wohl als Barrierriffe bezeichnet werden können, teils atollförmige Gestalt angenommen haben. Wenn wir nun aber diese Gebiete mit den weiten ozeanischen Räumen des Stillen und des Indischen Ozeans vergleichen, in denen Darwin und Dana ihre Studien über Korallenriffe gemacht und für die sie ihre Theorie entwickelt haben, so werden wir bald durchgreifende Unterschiede gewahr werden, nicht nur in der Konfiguration dieser beiden Gebietsgruppen, sondern vor allem auch in der Natur der Korallenriffe selbst, welche sich in denselben vorfinden. Bei dieser Vergleichung sind wir allerdings auf der einen Seite vorzugsweise auf Westindien angewiesen, da die Philippinen ein so wenig bekanntes Gebiet sind und es bei den Salomonsinseln infolge der großen Veränderungen, welche dieselben während der jüngsten geologischen Vergangenheit erlitten haben, in vielen Fällen sehr schwierig ist, sich eine deutliche Vorstellung davon zu machen, unter welchen Verhältnissen die Riffe sich bildeten. Doch können die jetzt noch in Bildung begriffenen Riffe hier bei der Vergleichung sehr wohl mit herangezogen werden.

Die Korallenriffe Westindiens haben sich aufgebaut innerhalb und an den Rändern eines Mittelmeeres von geologisch verhältnismäßig jungem Alter, eines Mittelmeeres, das der Hauptsache nach entstanden ist durch den Zusammenbruch eines alten Faltengebirges. Dieses Gebirge, das von Sueß als die Cordillere der Antillen bezeichnet wird, hat sich zum Teil noch erhalten in den großen Antillen und den Bergzügen von Guatemala und Honduras. Weitere Teile desselben treten als unterseeische Bergzüge und vereinzelte Massive noch deutlich hervor, während andere zu großen ozeanischen Tiefen versunken sind. Gerade dieses verschiedene Ausmaß, bis zu welchem die Absenkung stattgefunden hat, bringt die namentlich für den nordwestlichen Teil des Karaibischen Meeres charakteristischen Unterschiede zwischen grossen ozeanischen Tiefen und verhältnismäßig flachen Meeresteilen hervor, die durch ganz steile Abhänge verbunden fast unvermittelt an einander stossen. Die äußerste Kette des großen Gebirgssystems endlich zeigt sich in den flachen Falten, welche die Halbinsel Florida durchziehen und sich nach Südosten in die Kette der Bahamas und vielleicht bis in die äußere Kette der Kleinen Antillen fortsetzen. (Vergl. Sueß, »Das Antlitz der Erde« Bd. I. Abschn. X.) Im Osten sehen wir ferner

eine reiche vulkanische Thätigkeit entfaltet, und infolge derselben finden wir dort bedeutende Anhäufungen unterseeischer Tuffmassen. Kurz, überall in dem ganzen Gebiete finden sich für die Korallenbauten geeignete unterseeische Grundlagen von mannigfachster Art und Gestalt.

Aber auch für die weitere Erhöhung dieser Grundlagen sind in Westindien die Bedingungen außerordentlich günstige. Im Süden bringen die Meeresströmungen gewaltige Sedimentmassen mit sich und im Norden sind dieselben das Gebiet einer außergewöhnlich reichen Entfaltung tierischen Lebens, wie wir es in dem Reichtum und der Mannigfaltigkeit noch aus keinem anderen Meere kennen. Dadurch war einmal eine bedeutende Ablagerung von Kalksediment bedingt, während andererseits der große Reichtum des tierischen Lebens auch das Wachstum der Korallen selbst befördern musste, denen hier stets reichliche Nahrung sich darbot. Endlich musste der Verlauf der Meeresströmungen selbst, die bald in breitem Strom langsam dahinfließen, bald in enge Kanäle zwischen die Inseln eingezwängt eine große Stärke und Schnelligkeit erreichen, auf die Gestaltung der verschiedenen Riffformen von erheblichem Einfluss sein.

In den Philippinen haben wir ein Gebiet von viel geringerem Umfange als Westindien vor uns. Außerdem haben in demselben, wie wir gesehen, in neuerer Zeit ziemlich bedeutende Hebungen stattgefunden, während solche in Westindien kaum oder jedenfalls nur in sehr geringem Betrage zu konstatieren sind. Im übrigen haben wir hier vielfach ganz analoge Verhältnisse. Auch die Philippinen liegen dem Festland ziemlich nahe am Rande eines Mittelmeeres und sind ebenfalls die Reste eines alten zum Teil zertrümmerten Faltengebirges. Vulkanische Erscheinungen spielen hier gleichfalls eine hervorragende Rolle und in den zwischenliegenden Meeresarmen, deren Tiefen nirgends sehr bedeutende zu sein scheinen, herrscht ein sehr reges tierisches Leben. Dass ferner auch hier den Meeresströmungen ein hervorragender Anteil an der Gestaltung der Korallenriffe zukommt, ist schon ausgeführt. Ähnliche, wenn auch im einzelnen abweichende Verhältnisse scheinen auch auf den Salomonsinseln zu bestehen.

Vergleichen wir nun mit diesen Gebieten den Teil des Stillen Ozeans, der nördlich einer von dem Südpole der Philippinen nach Tahiti gezogenen Linie liegt, oder die Partie des Indischen Ozeans, welche von den Lakkeiven, dem Maldiva- und Chagosarchipel eingenommen wird, so finden wir hier absolut andere Verhältnisse. Wir haben hier weite ozeanische Gebiete, fern vom Festlande mit überall

großen Tiefen, aus denen sich mit steilen Böschungen die einzelnen Inseln zum Meeresspiegel erheben. Nirgends ist etwas von Resten alter Gebirgsketten wahrzunehmen, und auch die vulkanische Thätigkeit ist ganz oder nahezu erloschen. Von den zahlreichen kleinen Inseln dieser Gebiete sind nur einige wenige erloschene Vulkane, die ganz überwiegende Mehrzahl vielmehr echte Koralleninseln. Viele derselben liegen ferner ganz außerhalb der großen ozeanischen Strömungen, und wo sie von denselben getroffen werden, muss ihr Einfluss auf die Bildung der Koralleninseln ein weit geringerer sein, da sie in dem offenen Ozean sich viel gleichmäßiger ausbreiten und außerdem keine großen Sedimentmassen mit sich führen. Nur das tierische Leben dürfte wohl auch in diesen Meeren reich entwickelt sein, wenn auch nicht in der Fülle, wie in Westindien und in der Umgebung der Philippinen.

Nicht minder große Verschiedenheiten aber zeigen uns die Korallenbildungen der beiden Gebietsgruppen selbst. Schon Hunt hat mit Recht darauf hingewiesen, dass man die Namen »Strandriff«, »Barrier-riff« und »Atoll«, die den Gebilden des Stillen und Indischen Ozeans entnommen und durch Darwin allgemein üblich geworden sind, auf die Riffe Westindiens eigentlich gar nicht anwenden könne, da die Riffbildung hier eine so wesentlich verschiedene sei und nur gewisse äußere Ähnlichkeiten mit den drei Riffformen des Stillen und Indischen Ozeans aufweise. Eine kurze Betrachtung wird uns von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen.

Betrachten wir zunächst die Atolle. Diejenigen der Südsee und des Indischen Ozeans, wie wir sie in den Gruppen der Paumotus, der Marschallsinseln, der Karolinen, der Lakkediven, dem Maldiva- und Chagosarchipel, um nur die allerbedeutendsten zu nennen, vor uns sehen, sind allerdings in den meisten Fällen in Reihen angeordnet, aber innerhalb dieser Reihen ist doch jedes einzelne Atoll eine Einheit für sich, von jedem anderen der Gruppe durch tiefes Wasser geschieden, dessen Tiefe stets mehrere hundert, in vielen Fällen aber mehr als 1000 Meter beträgt; und zu diesen Tiefen fallen die Atolle mit außerordentlich steilen, zum Teil nahezu senkrechten Böschungen ab. Nur in dem Maldivaarchipel haben wir die Erscheinung zusammengesetzter Atolle vor uns, auf die wir noch zurückkommen werden. Die Lagunen der Atolle sind in manchen Archipelen allerdings flach und zum Teil ganz ausgefüllt, meistens aber zeigen sie erhebliche Tiefen von 30—50 und in manchen Fällen bis zu 100 Meter. Vor allem aber muss noch die Thatsache hervorgehoben werden, dass in allen

diesen Inselgruppen die Atollform die einzige und ausschließliche ist, in welcher die Koralleninseln erscheinen.

Welch verschiedenes Bild zeigen dagegen die Atolle Westindiens. Dieselben liegen auf ausgedehnten Sandbänken oder als Vorlagerungen vor denselben. Die benachbarten Meerestiefen sind meist geringe, und wo sie auch bedeutender sind, da zeigt doch der Abfall der Atolle nach außen keineswegs die Steilheit, wie bei denen der Südsee oder des Indischen Ozeans. Ihre Lagunen aber sind in allen Fällen ganz flach oder völlig ausgefüllt. Außerdem sind die Atolle hier durchaus nicht die einzige Form, in welcher Koralleninseln auftreten. Das Beispiel der Bahamainseln zeigt das deutlich. Man hat dieselben wohl mit dem Maldivaarchipel verglichen (siehe Dana, »Coral Islands« p. 213), und in der That bieten sie in der Anordnung in zwei Reihen, in ihrem steilen Abfall gegen den Ozean und der Gestaltung der einzelnen sie durchschneidenden Kanäle manche Vergleichspunkte dar. In Wahrheit lässt sich aber der Vergleich nur für den südlichen Teil der Bahama-Inseln durchführen, wo sich dieselben in eine Anzahl kleinerer Gruppen von zum Teil atollförmiger Gestalt auflösen, die durch Kanäle getrennt sind, deren Tiefen an einzelnen Stellen 2000 Meter übertrifft. Aber gerade für diesen Teil sind auch die Mitwirkungen positiver Bewegungen zweifellos. Das südliche Ende der Bahamas wird von den Inseln unter dem Winde durch eine Depression getrennt, deren größte Tiefe 8341 Meter beträgt (A. H. 1885 Taf. 14) und die Tiefen des benachbarten offenen Ozeans um mehrere tausend Meter übertrifft. Diese tiefe Senke kann daher nur als ein Einbruchskessel aufgefasst werden. An diesem Einbruch hat aber zweifellos auch das Gebiet, auf dem sich die südlichen Bahamas aufgebaut, teilgenommen. Die nördlichen Inseln zeigen ein ganz anderes Bild. Dieselben liegen auf mehreren ausgedehnten flachen Bänken, die sich nach außen zu als Sandbänke mit geringer Wassertiefe darstellen, an deren äußerem Rande zum Teil lebende Korallen sich angesiedelt haben. Die Kleine Bahamabank trägt zwei, die Große nicht weniger als sechs große und zahlreiche kleinere Inseln, die eben die höchsten Stellen dieser Bänke einnehmen und in ihrer Gestalt in keiner Weise an Atolle erinnern. Ihre Verteilung scheint außerdem vorwiegend von der Windrichtung abhängig zu sein.

Die Thatsache, dass hier neben atollförmigen Bildungen auch Koralleninseln von ganz anderem Charakter sich gebildet haben, ist jedenfalls bemerkenswert. Sie ist im allgemeinen die Regel in allen den Gebieten, wo sich Korallenriffe in flachen Meeresteilen gebildet haben.

Ich verweise hier auf die Korallenriffe der Philippinen, der Salomonsinseln, der Abrolhos und des Roten Meeres, wo entweder, wie in den beiden letzteren Fällen, die Atolle ganz fehlen oder sie nur vereinzelt neben zahlreichen anders gestalteten Koralleninseln vorkommen.

Wenn wir überall, wo Koralleninseln sich finden, die Atollform als die herrschende anträfen, so würden wir allerdings mit einem gewissen Grade von Berechtigung annehmen dürfen, dass diese Gestalt ausschließlich auf die eigentümlichen Wachstumsverhältnisse der Riffe selbst sich zurückführte. Wenn aber, wie es in der That der Fall ist, die Atollform in einzelnen Gegenden nur die Ausnahme bildet, in anderen dagegen ausschließlich auftritt und zwar unter Verhältnissen und unter Eigentümlichkeiten der Ausbildung, die von denen der Atolle jener ersten Gegenden wesentlich abweichen, so ist schon von vornherein eine Verschiedenartigkeit der Entstehung für beide Formen außerordentlich wahrscheinlich.

Ein fast noch größerer Unterschied, wie zwischen den Atollen, dürfte zwischen den Barrierriffen des Stillen Ozeans, wie z. B. dem großen Australriff und dem Riff von Neu-Caledonien und den Außenriffen, welche die Küsten Westindiens begleiten, bestehen. Die ersteren folgen durchaus dem Verlauf der benachbarten Küsten, sind aber von denselben durch einen tiefen Kanal getrennt; nach außen stürzen sie sehr steil, bei Neu-Caledonien nach den genauen Messungen Chambeiron's (Bull. soc. géogr. de Paris. 6. sér. t. IX. 1875) wirklich nahezu senkrecht zu unermesslichen Meerestiefen ab. In Westindien zeigen sie keineswegs eine so enge Abhängigkeit von dem Verlauf der benachbarten Küste, sind vielmehr hauptsächlich von der Gestaltung der Sedimentbänke, auf denen sie sich aufgebaut, oder von der Richtung der Meeresströmungen abhängig. Ihr Abfall nach außen ist zwar meist auch recht steil, aber doch nicht annähernd mit den jähren Abstürzen der Barrierriffe der Südsee zu vergleichen, wie von fast allen Beobachtern ausdrücklich hervorgehoben wird. Endlich ist von einem tiefen Kanal zwischen ihnen und dem Lande nirgends die Rede. Zwischen den Floridariffen und dem Festlande liegt ein ganz flaches Meer, das von feinem Korallendetritus immer mehr ausgefüllt wird. Zwischen der Küste von Yukatan und der Musquitoküste und den benachbarten Riffen liegen jene ausgedehnten Sandbänke, auf deren äußeren Rändern sich eben die Korallen angesiedelt haben. Dieselben besitzen allerdings an einzelnen Stellen Tiefen von 40 Metern, meist aber sind sie ganz flach und haben nur 5—10 Meter Wasser über sich.

Wir sehen also, dass innerhalb der Gebiete, in welchen überhaupt

Korallenriffe vorkommen, zwei Gruppen unterschieden werden müssen, welche sich durch ihre ganze Konfiguration, wie durch die Beschaffenheit der in ihnen gelegenen Korallenbauten selbst scharf unterscheiden lassen. In der einen haben positive Bewegungen nicht stattgefunden oder wenigstens auf die Gestaltung der Riffe nicht bemerkenswert eingewirkt. Für die zweite dagegen werden wir nachzuweisen versuchen, dass die Eigentümlichkeiten der in ihr vorhandenen Korallenbauten durch die Hypothesen von Murray und Guppy in keiner Weise befriedigend erklärt werden können, dass wir vielmehr für sie auf die Darwin'sche Senkungstheorie wieder zurückzugreifen gezwungen sind.

II. Abschnitt.

Die Theorieen von Murray und Guppy sind nicht im stande, den Bau vieler Atolle und Barrierriffe genügend zu erklären.

Die Grundlagen der Murray'schen Theorie. Die Bänke im Ostatlantischen Ozean. Die Atolle Santa Anna und Malaupaina im Salomonarchipel. Guppy's Untersuchungen über die Tiefen, in welchen Riffkorallen leben. Murray's und Guppy's Ansichten über die Bildung der Lagunen. Guppy's Hebungstheorie. Seine Untersuchungen über die Grenze der Riffkorallenzone erschüttern die Grundlage der Darwin'schen Theorie nicht. Widerlegung von Guppy's Hebungstheorie. Der gleiche Charakter der Atolle desselben Archipels spricht gegen die Murray'sche Theorie. Durch Sedimentablagerungen sind wahrscheinlich niemals Bänke aus großen Meeres-tiefen emporgebaut. Die Bohrungen auf Oahu Beweise für dort stattgehabte positive Bewegungen. Die Murray'sche Theorie erklärt die steilen äußeren Böschungen vieler Atolle nicht. Große Tiefe einzelner Atollagunen. Es findet keine Austiefung derselben durch chemische und mechanische Erosion, sondern eine Verflachung derselben durch Sedimentablagerungen statt. Schwellenförmige Schichten am Innenrande der Lagunen und am Außenrande mancher Atolle. Übereinstimmung der Längsrichtung vieler Atolle mit derjenigen der ganzen Gruppe. Teilung von Atollen. Guppy's und Murray's Ansichten über die Bildung der Barrierriffe. Die Riffe von Tahiti. Das Barrierriff von Neu-Caledonien. Das große Australriff. Die Übereinstimmung im Bau der Atolle und Barrierriffe wird nur durch die Darwin-Dana'sche Theorie erklärt. Das Fehlen der Koralleninseln im centralen Atlantischen Ozean lässt sich durch die Annahme erklären, dass hier in neuerer Zeit Senkungen nicht stattgefunden.

Wenn wir jetzt auf die Theorieen von Murray und Guppy näher eingehen, so empfiehlt es sich dabei, die Atolle und Barrierriffe getrennt zu behandeln, da sie von den beiden Forschern nicht als Modifikationen desselben Grundtypus angesehen werden, sondern ihre Entstehung auf etwas verschiedene, wenn auch ähnliche Ursachen zurückgeführt wird. Beginnen wir mit den Atollen.

Die Atolle sollen sich nach beiden Forschern auf unterseeischen Bergen, meistens vulkanischen Piks, aufbauen. Diese werden erhöht

zunächst durch das Herabfallen von Kalkschalen aus den oberen Regionen des Meeres. Da diese auf ihrem Wege nach unten durch die Kohlensäure des Meerwassers teilweise aufgelöst werden, — eine Thatsache, die durch die Untersuchungen der Challenger-Expedition zweifellos festgestellt ist —, da diese Auflösung ferner um so mehr fortschreitet, je weiter der Weg ist, den die Kalkschalen zurückzulegen haben, so müssen die höheren Teile des Berges auf diesem Wege einen bedeutenderen Zuwachs erhalten, als die tieferen und namentlich als die sie umgebenden Meerestiefen. Es erklärt sich hierdurch nach Murray's Ansicht die Thatsache, dass die Atolle sich vielfach außerordentlich steil aus sehr großen Meerestiefen erheben. Einen weiteren Zuwachs erhalten die unterseeischen Erhebungen dann durch die Ansiedlungen solcher Tiere, welche nicht freilebend im Meere sich aufhalten, wie Brachiopoden, Crinoideen, viele Tiefseekorallen u. a.

Theoretisch lässt sich gegen diese Annahme Murray's kaum etwas einwenden. Es sind aber auch während der Challenger-Expedition in der That eine Anzahl derartiger Erhebungen aufgefunden worden, die sich aus Tiefen von mehreren tausend Metern bis auf einige hundert Meter unter der Oberfläche des Meeres erheben. Murray hat weiterhin zum Beweise für die Richtigkeit seiner Ansichten auf die verschiedenen unterseeischen atollförmigen Bänke hingewiesen, wie die große Chagosbank und Saya de Malha im Indischen Ozean, die Macclesfield- und Tizardbank im Südchinesischen Meer. Er hält dieselben für in Bildung begriffene Atolle, die den Meeresspiegel noch nicht erreicht haben.

Ferner hat Buchanan (»The land slopes separating continents and ocean basins«. Scottish geogr. Mag. vol. III. 1886 und »On oceanic shoals discovered in the s. s. 'Dacia' in October 1883«. Proc. of the royal society of Edinburgh vol. XIII. 1886) auf die sehr steil aus großen Meerestiefen aufsteigenden Bänke im Ostatlantischen Ozean gegenüber der Küste von Marokko und westlich von Kap Vincent aufmerksam gemacht, von denen einige, wie die Josephine- und Goringebank, schon länger bekannt waren, während die Mehrzahl erst bei den Messungen der französischen Schiffe »International« und »Dacia« (Annales hydrographiques. Paris 1884) entdeckt worden sind. Buchanan glaubt einen wesentlichen Unterschied zwischen ihren Abhängen und den ebenfalls sehr steilen Abdachungen vulkanischer Inseln konstatieren zu können. Die Seiten dieser unterseeischen Erhebungen sind nach ihm gerundet und wenig eingeschnitten, während sich bei den vulkanischen Inseln die Lavaströme, welche das sichtbare Land bilden, noch weit unterhalb des Meeresspiegels fortsetzen. Er folgert daraus,

dass jene Bänke nicht vulkanischen Ursprungs sind, sondern hauptsächlich aus Molluskenschalen und Korallen bestehen und in den meisten Fällen vorwiegend durch Tiefseekorallen aus großen Tiefen aufgebaut sind. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen auf einer dieser Bänke (von mir in einer früheren Arbeit als nördliche Daciabank bezeichnet) scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Diese Bank, unter $34^{\circ} 57'$ nördl. Br. und $11^{\circ} 57'$ westl. L. gelegen, ist 6 Seemeilen lang, $3\frac{1}{2}$ breit und erhebt sich aus Tiefen von mehr als 2000 Meter bis 792 Meter unter dem Meeresspiegel. Ihre Oberfläche besteht zum Teil aus Sand und zerbrochenen Muscheln, teilweise aber wird sie von üppig wachsenden Crinoideen und Tiefseekorallen, namentlich der *Lophohelia prolifera* bevölkert.

Eine außerordentliche Stütze aber erhielt die Murray'sche Theorie durch die Untersuchungen Guppy's in den Salomonsinseln. Derselbe entdeckte hier zwei gehobene Atolle Santa Anna und Malaupaina, deren Bau in der That sehr dafür spricht, dass sie sich in der von Murray angenommenen Weise gebildet haben. Das erstere ist eingehend beschrieben in »The Salomon Islands« vol. I. p. 106—115, das letztere in den Proc. of the royal soc. of Edinburgh vol. XIII. 1886. p. 871—873. Die Insel Santa Anna besteht der Hauptsache nach aus gehobenem Korallenfels, dessen Höhe zwischen 30 und 60 Meter schwankt; nur die Mitte der Ostseite ist erheblich höher bis zu 140 Meter erhoben. Auf dem höchsten Gipfel findet sich eine 10—12 Meter tiefe Einsenkung, auf deren Grund vulkanisches Gestein zu tage tritt. Der Korallenkalk lagert aber nicht direkt dem vulkanischen Gestein auf, sondern dieses ist zunächst von einem Mantel eines weichen thonigen, mit zahlreichen Foraminiferen- und Pteropodenschalen erfüllten Gesteins umgeben. Am Nordrande der Insel tritt ferner vulkanisches Gestein noch an mehreren Stellen zu tage. Der erhöhte Rand der Insel schließt ein Bassin ein, das allerdings nicht ganz central, sondern mehr dem westlichen Rande zu liegt und in seiner tiefsten Partie zwei kleine Süßwasserseen von 9—16 Meter Tiefe enthält. Nach Westen zu sind diese vom Meere durch einen nur $7\frac{1}{2}$ Meter hohen Wall getrennt, der nicht aus festem Korallenfels, sondern aus Korallen- und Schalenentrümmern besteht. Außerhalb dieses Walles wird an der Westseite eine Art Außenlagune von geringer Tiefe durch das Küstenriff begrenzt.

Malaupaina, die südlichste der drei Schwesterinseln gegenüber der Nordküste von St. Christoval, zeigt eine analoge Bildung. Nur hat die Hebung hier einen weit geringeren Betrag, da der höchste Punkt

an der Ostseite nur einige zwanzig Meter hoch ist. Infolge dessen stehen die beiden inneren Lagunen nach Westen zu noch mit dem Meere in Verbindung und die im Westen ebenfalls vorhandene Außenlagune zeigt eine größere Tiefe bis zu 47 Meter. Vulkanisches Gestein ist hier nicht nachgewiesen, doch hält Guppy das Vorhandensein eines vulkanischen Kerns für wahrscheinlich. Die Abdachungen sind an der östlichen Wetterseite ziemlich steil, über 20° geneigt, geringer an der Leeseite. Die Meerestiefen sinken rasch bis auf 700 Meter.

Guppy denkt sich die Bildung der beiden besprochenen Atolle in der Weise, dass auf den ursprünglich ganz unterseeischen vulkanischen Gipfeln Foraminiferenschalen und andere Sedimente sich ablagerten und dann die Korallenriffe den Bau krönten. Eine erste Hebung hob das Riff bis zum Meeresspiegel und an einzelnen Stellen erheblich über denselben. Während einer Periode der Ruhe wurden durch seitliches Wachstum der Riffe und Entfernung des toten Materials aus dem Inneren die inneren Lagunen gebildet. Eine zweite Hebung mit wiederum folgender Ruhepause ermöglichte endlich die Bildung der Außenlagunen.

Ferner hat Guppy über die Tiefen, bis zu welchen riffbauende Korallen leben können, sowohl auf den Salomons-, wie auf den Keelinginseln neue Untersuchungen angestellt und gefunden, dass die Zahlen von 55—60 Meter Tiefe, welche Darwin und Dana als die äußerste Grenze für das Wachstum derselben annahmen, zu niedrig gegriffen sind. Er fand an dem Barrierriff der Choiseulbai einzelne lebende Korallen noch in Tiefen von 72 Meter und in ähnlichen Tiefen an dem südlichen Keelingatoll; und zwar fanden sich dieselben hier unterhalb der Zone von Sand und Geröll, die gewöhnlich als die Grenze des Riffkorallenwachstums angesehen wird. Alle bisherigen Untersuchungen, meint daher Guppy, hätten nur deshalb so geringe Tiefen für die lebenden Korallen ergeben, eben weil man jene Zone von Sandablagerungen als die Grenze für deren Wachstum betrachtete und daher unterhalb derselben keine weiteren Untersuchungen angestellt habe. In Wirklichkeit könnten Riffkorallen in weit größeren Tiefen leben und es sei damit die Möglichkeit gegeben, dass manche Atolle durch die Riffkorallen selbst aus ziemlich bedeutenden Tiefen in die Höhe gebaut seien.

Die Bildung der Lagunen im Inneren der Atolle führt Murray ausschließlich auf das bessere Gedeihen der Korallen an dem Außenrande eines Riffes und auf die chemische und mechanische Erosion des Meerwassers zurück, durch welche das tote Korallenmaterial aus dem Inneren der Lagune beständig fortgeführt wird. Nur die ganz kleinen

Atolle werden nach ihm durch die von außen von den brandenden Wogen hineingeworfenen Trümmermassen aufgefüllt, während bei größeren Atollen die Erosion über die Auffüllung überwiegt. Die Größe und Tiefe der Lagune ist daher bei gleicher Tiefe des umgebenden Meeres der Flächenausdehnung des Atolls direkt proportional.

Auch Guppy sieht in der auflösenden und erodierenden Thätigkeit des Meeres die Hauptkraft für die Bildung der Lagunen, trotzdem weichen seine Ansichten über die Entstehung derselben nicht unwesentlich von denen Murray's ab. Nach seiner Auffassung bilden sich nämlich die Lagunen erst dann, wenn das Riff die Oberfläche des Meeres erreicht hat, während Murray annimmt, dass sich schon in größeren Tiefen eine innere Einsenkung bildet. Diese Ansicht Guppy's hängt auf das engste mit seiner schon erwähnten Theorie, dass Atolle nur in Hebungsgebieten sich bilden können, zusammen. Diese Theorie begründet Guppy auf gewisse Beobachtungen, die von ihm an den Riffen des Salomonarchipels gemacht wurden.

Guppy fand, dass die Tiefen, in welchen die Gipfel der zahlreichen untergetauchten Korallenriffe des Salomonarchipels liegen, nur in sehr geringen Grenzen schwanken, nämlich etwa zwischen 9 und 18 Meter. Diese Tiefen hängen wesentlich ab von der Stärke der Meeresströmungen. Wo die Riffe diesen frei ausgesetzt sind, sind die Tiefen, bis zu welchen dieselben emporwachsen, größer; geringer dagegen an den Stellen, wo sie eine etwas geschützte Lage haben oder die Stärke der Meeresströmungen selbst eine geringere ist. Zwischenglieder zwischen diesen in Tiefen von 9—18 Meter liegenden Riffen und denjenigen, welche die Oberfläche erreichen, finden sich nirgends. Ferner ergaben die Vergleichen der Guppy'schen Messungen mit den Angaben Bougainville's, dass jedenfalls viele der ersteren Riffe im Laufe des letzten Jahrhunderts an Höhe nicht merklich zugenommen haben können. Eine weitere sehr interessante Beobachtung Guppy's ist die, dass innerhalb der von ihm in dem Salomonsarchipel untersuchten Riffe die Korallen in der eigentlichen Region der wirksamen Wellenthätigkeit nicht besonders gedeihen, und dass namentlich die massigen Korallen, wie *Astraea*, *Maeandrina* und verwandte Formen hier fast gänzlich fehlen. Besonders in der starken Brandung der Passatregionen gedeihen die Korallen nicht. Der diesen ausgesetzte Teil der Riffe besteht fast ganz aus totem Korallenfels, und nur in den Kanälen und Spalten, welche denselben durchziehen, leben zahlreiche Individuen der Gattungen *Stylophora*, *Pocillopora*, *Coeloria*, *Porites*, *Madrepora*, *Montipora* u. a. An der Luvseite des Riffs liegt

das eigentliche Gebiet des üppigen Korallenwachstums erst in Tiefen von 10—30 Meter. Dieses Gebiet muss als der eigentlich wachsende Rand des Rifles angesehen werden. An geschützten Stellen, wie an den Barrierriffen der Choiseulbai und an der Leeseite einiger Koralleninseln sind die Korallen allerdings auch innerhalb der Brandung an Zahl der Individuen wie der Species reicher.

Guppy zog aus diesen Beobachtungen den Schluss, dass den Korallen durch die Wirksamkeit der Wellen eine Grenze ihres Wachstums nach oben gesetzt sei, dass sie aus eigener Kraft nicht im stande seien, in das Gebiet wirksamer Wellenthätigkeit emporzuwachsen, dass daher Atolle nur durch Hebung zu stande kommen können. Da nun aber die untergetauchten Riffe der Salomonsinseln keineswegs eine Vertiefung im Inneren, vielmehr in der Mitte gerade die höchsten Erhebungen zeigen, so sah Guppy sich weiterhin zu der Annahme gedrängt, dass die Atolle ihre Gestalt erst erhalten, nachdem die Riffe die Oberfläche des Meeres erreicht haben. Wenn sie bis zu dieser Höhe erhoben worden sind, ist ihr weiteres Wachstum nach oben gehemmt; sie werden sich daher seitlich ausdehnen und unter der Einwirkung der Wellen und Meeresströmungen eine hufeisenförmige Gestalt annehmen, welche ihre konvexe Seite der Richtung der Strömungen entgegenstellt, während durch die lösende Thätigkeit des Meerwassers und die Wegführung des Sediments der innere Raum ausgetieft wird. Eine Bestätigung seiner Theorie glaubt Guppy einmal in dem Umstande, dass Hebungen in dem ganzen Gebiet der Salomonsinseln außerordentlich zahlreich nachzuweisen sind, besonders aber in dem Bau der beiden gehobenen Atolle Santa Anna und Malaupaina zu finden. In welcher Weise Guppy den Bau dieser Inseln mit Hülfe seiner Theorie erklärt, ist schon oben ausgeführt.

Von all den Thatsachen, welche durch die Untersuchungen Murray's, Guppy's und Buchanan's ans Licht gebracht sind, scheint auf den ersten Blick die bedeutungsvollste für die Beurteilung der verschiedenen Rifftheorien diejenige zu sein, dass Riffkorallen in größeren Tiefen leben können, als bisher angenommen wurde, um so mehr, als dieselbe in jüngster Zeit auch von anderer Seite bestätigt worden ist. Von Basset Smith (Nat. vol. XL. 1889. p. 223) wurden auf der Tizardbank in Tiefen zwischen 36 und 79 Metern noch 18 Genera von Riffkorallen mit 40 Species lebend gefunden, während die Gesamtzahl der hier auftretenden Species 142 beträgt. Unterhalb 54 Meter waren noch 10 Genera vertreten; die größte Tiefe, in welcher noch einige vereinzelte Arten (Asträen) gefunden wurden, betrug 79 Meter, eine

Zahl, die nahe mit der von Guppy als die äußerste Grenze der Riffkorallenzone gefundenen übereinstimmt.

In Wahrheit sind diese Entdeckungen aber nicht geeignet, die Grundlagen der Darwin-Dana'schen Theorie irgendwie zu erschüttern und eine neue Grundlage für andere Theorien zu schaffen. Ausgedehnte und mächtige Riffe können von den Korallen offenbar nur in solchen Meeresräumen aufgebaut werden, wo dieselben wirklich üppig gedeihen. Nun beweisen aber nicht nur alle älteren Beobachtungen, die von Darwin (*»On the distribution«* etc. p. 81—87) und Dana (*»Corals and Coral Islands«* p. 114—122) sorgfältig gesammelt und zusammengestellt sind, sondern ebenso auch diejenigen Guppy's und Basset Smith's, dass nur bis zu Tiefen von höchstens einigen dreißig Metern Riffkorallen eine wirklich reiche Entwicklung zeigen. In größeren Tiefen nehmen sie rasch an Arten- wie Individuenzahl ab. Falsch ist ferner entschieden die Annahme Guppy's, dass allein die Sandanhäufungen es seien, welche das Wachstum der Korallen hinderten. Einen mindestens ebenso großen Einfluss üben entschieden die Temperatur und Bewegung des Wassers aus. Auch auf nacktem Fels wurden in Gebieten, die sonst reich an Korallen sind, in Tiefen unter 40 Meter lebende Korallen nicht mehr gefunden, wie z. B. bei den Samoainseln. Wärme, reiner Felsboden und bewegtes Meer sind offenbar die Bedingungen, welche das Wachstum der Riffkorallen begünstigen, und diese drei Bedingungen finden sich vereint offenbar immer nur in geringen Tiefen. Vereinzelt kommen die Korallen auch da noch vor, wo eine oder mehrere dieser Bedingungen fehlen, sowohl in größeren Tiefen, wo die Temperaturen niedriger, als auch auf Sandboden, wie gerade die Untersuchungen auf der Tizardbank, ebenso wie diejenigen Darwin's an den Riffen von Mauritius zeigen, und in ruhigeren Gewässern. Aber nur da, wo jene drei Bedingungen erfüllt sind, wachsen sie in solchen Mengen, dass sie mächtige Riffe aufzubauen im stande sind. Wo die äußerste Grenze liegt, bis zu welcher vereinzelte Arten und Individuen noch zu leben vermögen, ob bei 60 Meter, wie Darwin und Dana annahmen, oder bei 80 Meter, wie die neueren Untersuchungen zu ergeben scheinen, ist für die Rifftheorien im Grunde gleichgültig.

Weit wichtiger für die Entscheidung in unserer Frage ist der von Murray und Buchanan erbrachte Nachweis, dass durch herabsinkende Kalkgehäuse und durch Ansiedlung verschiedener Tiefseethiere unterseeische Berge eine erhebliche absolute, wie relative Erhöhung erhalten können. Es ist in der That nicht unmöglich, ja nicht einmal unwahr-

scheinlich, dass in einzelnen Fällen auf diesem Wege unterseeische Erhebungen bis in Zonen, in welcher Riffkorallen leben, in die Höhe wachsen und die Grundlage von Atollen bilden können. Santa Anna und Malaupaina sind vielleicht wirklich auf diese Art entstanden. Vereinzelt können sich, wie schon Darwin zugegeben, Atolle überhaupt auf sehr verschiedene Weise bilden, zum Beispiel auf dem Gipfel eines unterseeischen Kraters, wenn sich derselbe gerade in einer solchen Höhe befindet, dass die Riffkorallen sich auf seinem Rande ansiedeln können. Dass aber die große Menge der Atolle, welche in weiten ozeanischen Gebieten die einzige Inselform sind, auf die von Murray und Guppy angenommene Weise sich gebildet haben, dagegen sprechen sehr zahlreiche wichtige Thatsachen.

Ehe ich auf die den Theorien von Murray und Guppy gemeinsamen Grundlagen eingehe, will ich zunächst versuchen, die Unrichtigkeit der von letzterem aufgestellten Hebungstheorie nachzuweisen. Dass atollähnliche Inseln in Hebungsgebieten, ebenso wie in stationären sich bilden können, ist schon im ersten Abschnitt gezeigt worden und es sind dort ebenfalls die Bedingungen besprochen worden, unter denen das möglich ist, und die Verschiedenheiten dargelegt, welche solche Bildungen von den typischen Atollen unterscheiden. Auch darin stimme ich Guppy bei, dass solche Inseln ihre Atollgestalt erst erhalten, nachdem die Riffe die Oberfläche des Meeres bereits erreicht. Dafür bietet Westindien mehrfache Beispiele. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass die Tortugasriffe und die große Salt-Key-Bank als in Bildung begriffene Atolle anzusehen sind. Wir sahen, wie bei ihnen die auf den großen Sedimentbänken angehefteten Riffe an einzelnen Stellen die Oberfläche des Meeres erreichen und durch seitliches Wachstum und durch Anhäufung von Sediment in den Zwischenräumen allmählich zusammenwachsen, während ein innerer Raum frei bleibt, weil hier die Korallen nicht mehr die nötige Nahrung erhalten. Das schon oben besprochene Oimaatoll im Salomonarchipel bietet ein weiteres Beispiel für diese Erscheinung.

Die Behauptung Guppy's dagegen, dass überhaupt Atolle nur in Hebungsgebieten entstehen können, entbehrt jeder Grundlage und steht mit allen sonst beobachteten Thatsachen im grellsten Widerspruche. Überblicken wir einmal die Beobachtungen, auf Grund deren Guppy jene Behauptung aufgestellt hat. Die erste ist die, dass die untergetauchten Riffe des Salomonarchipels nirgends über 9 Meter Tiefe heraufwachsen, dass es also keine Übergänge zwischen diesen untergetauchten und den bis zum Meeresspiegel emporgewachsenen Riffen giebt,

dass endlich die meisten dieser Riffe wahrscheinlich schon seit sehr langer Zeit dieselbe Höhe behalten haben. Ähnliche Beobachtungen sind nun schon früher gemacht, namentlich von Kapitän Moresby in dem Chagosarchipel, auf dessen Untersuchungen bereits Darwin (S. 111) hingewiesen hat. Moresby fand, dass in einzelnen der großen Lagunen jener Inselgruppe die dort isoliert in die Höhe wachsenden Korallenstöcke stets bis an die Oberfläche des Meeres hinaufgewachsen waren, während sie in anderen ebenso regelmäßig einige Meter unter derselben blieben, obgleich die Lebensbedingungen in beiden Fällen allem Anschein nach vollständig dieselben waren. Auch stellte Moresby durch Vergleichung mit älteren Karten fest, dass diese Verhältnisse schon durch längere Jahrzehnte in der gleichen Weise bestanden haben mussten. Es ist sehr zu bedauern, dass Kapitän Moresby keine Mitteilungen darüber gemacht hat, aus welchen Korallenarten sich die einzelnen Stöcke zusammensetzten. Es lassen sich die Thatsachen aber wohl nur durch die Annahme erklären, dass die Korallen, aus denen sich die untergetauchten Stöcke zusammensetzen, in der That in lebhaft bewegtem Wasser nicht gedeihen, und dass daher ihr Wachstum in einer gewissen Tiefe seinen Abschluss findet, während die Korallen der anderen Stöcke auch in den obersten Schichten zu leben im Stande sind.

Die Bedingungen, unter welchen die einzelnen Arten von Riffkorallen am besten gedeihen, sind eben trotz der auffallenden Übereinstimmung im großen und ganzen doch noch recht verschiedene. Selbst sehr nahe verwandte Arten gedeihen in verschiedenen Tiefen und unter sehr wechselnden äußeren Bedingungen. Einige ziehen die stärkste Brandung vor, während andere etwas ruhigere Gebiete lieben. Einige haben eine ziemlich bedeutende vertikale Verbreitung, während andere auf ganz bestimmte Niveaus von nur wenig Meter Breite beschränkt sind. Ich erinnere hier namentlich an die Beobachtungen Klunzinger's im Roten Meer (Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde VII), der für gewisse Korallenarten ganz bestimmte Horizonte nachzuweisen im stande war. Auch von Mauritius berichten Darwin wie Möbius ähnliches. Auch ist es bekannt, dass von ganz nahe benachbarten Riffen oft das eine ausschließlich von einer, das andere von einer ganz anderen Korallenart zusammengesetzt wird. Dass dagegen die zweite der Beobachtungen Guppy's, dass die riffbildenden Korallen in starker Brandung überhaupt nicht gedeihen, keine allgemeingültige ist, beweisen zahlreiche andere Beobachtungen. Von allen Forschern, welche Korallenriffe untersucht haben, haben nur Quoy und Gaimard

(»Voyage de l'Astrolabe«, Zoologie) ähnliche Beobachtungen gemacht. Alle übrigen, wie Chamisso, Ehrenberg, Darwin, Dana, Moresby, Semper und zahlreiche Andere, stimmen vielmehr darin überein, dass gerade das Gebiet lebhafter Brandung das eigentliche Gebiet der lebenden Korallen bildet, und dass insbesondere die massigen Asträiden und Mäandrinen die heftigste Brandung mit Vorliebe aufsuchen. Darwin hat bereits eine große Anzahl darauf bezüglicher Beobachtungen zusammengestellt (S. 60—65). Dass ferner Riffe auch ohne Mitwirkung von Hebungen oder negativen Bewegungen die Oberfläche des Meeres erreichen können, beweisen neben zahllosen anderen ganz besonders deutlich die Riffe Westindiens.

Für diejenigen Arten aber, deren Wachstum auf schmale Zonen beschränkt ist, bietet gerade eine positive Bewegung, wie sie Darwin und Dana annehmen, die besten Bedingungen zu einer reichen und mächtigen Entwicklung. Wenn die Grundlage des Riffes sich senkt oder der Meeresspiegel sich hebt, so werden die Korallen im allgemeinen auch beim weiteren in die Höhe wachsen immer unter den gleichen Bedingungen bleiben, wie diejenigen waren, unter denen sie sich zuerst ansiedelten. Nur wenn die positive Bewegung so schnell vor sich geht, dass das Wachstum der Korallen mit ihr nicht gleichen Schritt halten kann, werden diese Bedingungen sich ändern und daher in vielen Fällen die Korallen absterben. Daraus erklärt sich die Thatsache, dass so viele der untergetauchten Atolle fast gar keine lebenden Korallen mehr aufweisen, selbst wenn sie noch nicht bis zu der Tiefe herabgesunken sind, in denen das Leben der Riffkorallen überhaupt erlischt.

Gegen die Guppy'sche Theorie spricht nun aber ferner, abgesehen von einer Reihe von Gründen, die in gleicher Weise der Murray'schen entgegenstehen und die wir daher weiter unten aufführen werden, vor allem die Thatsache, dass in vielen Gebieten des Stillen wie des Indischen Ozeans nicht eine einzige Koralleninsel über den Meeresspiegel erhoben worden ist, abgesehen natürlich von dem durch die Wellen emporgeworfenen Trümmaterial. Es beweist das auf das deutlichste, dass dieselben nicht in einem Hebungsgebiet gebildet worden sind. Wir müssten sonst annehmen, dass entweder die negative Bewegung in allen diesen Gebieten gerade in dem Moment ihren Abschluss gefunden habe, als die Riffe die Oberfläche erreichten, oder dass durch die Erosion beständig alle über die Meeresfläche erhobenen Teile der Riffe vollständig zerstört wären. Die eine dieser Annahmen ist wohl ebenso undenkbar, als die andere.

Außerdem verwickelt sich Guppy selbst in eigentümliche Widersprüche. Während er anfangs ganz allgemein behauptet, die Atolle erhielten ihre Gestalt erst, nachdem die Riffe die Oberfläche erreicht, beschränkt er dieselbe später auf die kleinen Atolle und nimmt an, dass die größeren schon erheblich unter dem Meeresspiegel ihre Gestalt erhalten, indem sich durch die geringere Nahrungszufuhr nach dem Inneren dort eine Vertiefung bilde. Nun finden sich aber zwischen großen und kleinen Atollen zahlreiche Zwischenstufen, und es erscheint daher sehr bedenklich, für zwei Erscheinungsformen, die nur graduelle Unterschiede zeigen, ganz verschiedene Entstehungsweisen anzunehmen. Ferner erklärt Guppy an einer anderen Stelle die große Tiefe mancher Lagunen durch die von ihm angenommene Möglichkeit des Wachstums von Riffkorallen in größeren Tiefen. Er nimmt also auch für solche Atolle die ringförmige Gestalt als von vornherein gegeben an. Gerade das Rua-Sura-Atoll aber, dessen über 60 Meter tiefe Lagune er auf diese Weise zu erklären sucht, gehört zu den kleinsten Atollen, da es nur $2\frac{1}{2}$ Seemeilen lang und eine halbe breit ist. Die Guppy'sche Hebungstheorie ist mithin so voll von Widersprüchen gegen sicher bestehende Thatsachen und entbehrt so jeder festen Grundlage, dass wir sie unbedenklich als falsch verwerfen können. Wir haben es daher weiterhin nur noch mit der Theorie von Murray zu thun.

Stellen wir uns zunächst einmal auf den Murray'schen Standpunkt und nehmen wir als Grundlage für einen Archipel von Koralleninseln eine ganze Kette unterseeischer Berge an, was ja an und für sich nichts unwahrscheinliches hat, so werden doch die einzelnen Gipfel dieser Kette von sehr verschiedener Höhe sein und werden daher auch zu verschiedenen Zeiten bis zu der Zone der Riffkorallen emporwachsen. Es werden daher auch die auf ihnen sich aufbauenden Riffe nicht gleichzeitig, sondern wahrscheinlich in sehr bedeutenden Zwischenräumen den Meeresspiegel erreichen. Sobald nun ein Riff diesen Punkt erreicht hat, werden die Korallen, deren Wachstum nach oben jetzt gehemmt ist, sich nach der Seite ausdehnen und das Riff verbreitern. Zweitens aber werden durch die Thätigkeit der Wellen auf der Oberfläche des Riffs Korallentrümmer angehäuft werden und sich so allmählich Inselchen bilden, die an Größe beständig zunehmen. In einem dritten Stadium werden sich Pflanzen auf diesen Inseln ansiedeln und dieselben schließlich mit einer dichten Vegetationsdecke überziehen. In diesem Zustande werden einzelne der Atolle sich schon befinden, wenn andere eben erst die Oberfläche erreichen oder vielleicht

noch unterhalb derselben sich befinden. Wir müssen daher in einem Korallenarchipel, der sich in der von Murray angenommenen Art gebildet hat, die Atolle in allen möglichen Stadien der Entwicklung antreffen, einige mit breiter Riffebene, zahlreichen Inselchen und verhältnismäßig reicher Vegetation, andere mit schmalen Riffen, wenig festem Land und geringer Vegetation oder ganz ohne solche, andere noch untergetaucht. In den weitaus meisten Fällen findet sich aber das genaue Gegenteil. Die Atolle eines und desselben Archipels besitzen, wie schon Dana eingehend ausgeführt hat, meist den gleichen Charakter. So sind, um nur einige wenige Beispiele anzuführen, die Atolle der Paumotus fast sämtlich dicht bewaldet, haben im Verhältnis zu ihrer Größe viel festes Land und nur wenige schmale Eingänge in die Lagune. Die Atolle der Marschallsinseln dagegen besitzen nur eine dürftige Vegetation, wenig festes Land und zahlreiche und oft tiefe Eingänge in die Lagunen. Die Phönix- und Amerika-inseln sind fast gänzlich vegetationslos. Im Korallenmeer endlich finden wir zahlreiche atollförmige Riffe, von denen kaum ein einziges die Oberfläche des Meeres erreicht, während umgekehrt in vielen ausgedehnten Archipelen neben den ausgebildeten Atollen nicht ein einziges existiert, das noch unterhalb des Meeresspiegels liegt. Wie diese That-sachen mit der Murray'schen Theorie in Einklang zu bringen sind, ist schwer einzusehen.

Weiterhin ist es sehr bemerkenswert, dass von all den unterseeischen Bergen, an deren Aufbau Sedimentablagerungen und Bauten von Tiefseetieren einen wesentlichen Anteil haben, kein einziger auch nur annähernd bis an die Zone der Riffkorallen heranreicht. Ihre Gipfel liegen sämtlich noch viele hundert Meter unter der Oberfläche. Sehr lehrreich sind in dieser Beziehung gerade die Bänke im Ostatlantischen Ozean. Ich habe schon in einer früheren Arbeit (»Die Tiefenverhältnisse und die Bodenbeschaffenheit im mittleren Teil des Ostatlantischen Ozeans«, Festschrift zum 350jährigen Jubiläum des Protestantischen Gymnasiums zu Strassburg i. E. 1888) den Nachweis geführt, dass die meisten derselben und gerade diejenigen, die sich bis nahe an die Oberfläche des Meeres erheben, wie die Josephine-, Gorringe- und Salvagesbank, fast rein vulkanische Bildungen sind, an deren Aufbau den Sedimenten und organischen Bauten nur ein sehr bescheidener Anteil zukommt. Die einzige dagegen, an welcher dies nach den Untersuchungen Buchanan's in größerem Umfange der Fall zu sein scheint, die nördliche Daciabank, liegt im Durchschnitt noch 1000 Meter und selbst ihr höchster Gipfel noch 792 Meter unter dem

Meeresspiegel. Die Sedimentablagerungen, welche den vulkanischen Gipfel von Santa Anna umgeben und die direkte Grundlage der dortigen Korallenriffe bilden, sind ferner ebenfalls von sehr geringer Mächtigkeit. Es muss nach diesen Thatsachen als sehr unwahrscheinlich angesehen werden, dass jemals irgendwo aus wirklich großen Meerestiefen durch Sedimentablagerungen und Bauten von Tiefseetieren unterseeische Erhebungen bis zur Tiefe der Riffkorallenzone emporgewachsen sind. Das ist aber doch die notwendige Voraussetzung für die Murray'sche Theorie, wenn dieselbe den Anspruch erhebt, für die ausgedehnten Atollgruppen des Stillen und Indischen Ozeans, die aus tausenden von Metern Tiefe aufsteigen, eine Erklärung zu geben. Dass sich die Entstehung von Atollen in verhältnismäßig seichten Meeren durch die Murray'sche Theorie erklären lässt, haben wir ja oben schon ausdrücklich zugegeben.

Dass ferner die Korallenriffe in der That unter Umständen eine weit größere Mächtigkeit erreichen können, als die Breite der ganzen Riffkorallenzone, wenn wir dieselbe auch noch so weit, als irgend durch Beobachtungen festgestellt ist, ausdehnen, beweisen, ganz abgesehen von zahlreichen gehobenen Riffen, auf die ich noch weiter unten zu sprechen komme, die neuesten Bohrungen auf der Insel Oahu (Dana, »Points on the geological history of the Islands Maui and Oahu«, A. J. 3. sér. vol. XXXVII. 1889. p. 81—103). Diese Bohrungen, welche zum Zweck von Brunnenanlagen bis zu großen Tiefen geführt worden sind, haben außerordentlich interessante Ergebnisse geliefert. Bei einer derselben traf man in einer Tiefe von 96 Meter auf festen Korallenfels, der von dort bis zu einer Tiefe von 247 Meter herabreicht, also eine Mächtigkeit von 151 Meter besitzt. An einer anderen Stelle wurde fester Korallenfels, der allerdings mehrfache Zwischenlagerungen von Thon zeigte, bis zu einer Tiefe von 188 Meter gefunden. Auch ließen die zahlreichen aus dem Felsgestein heraufgebrachten Reste von Riffkorallen keinen Zweifel an der Natur desselben zu, wenn dieselben auch so schlecht erhalten waren, dass eine Artbestimmung nicht möglich war und daher auch nicht entschieden werden konnte, ob dieselben mit noch lebenden Arten übereinstimmten. Ein sehr hohes Alter kommt den Riffen jedenfalls nicht zu, da sie auf einer Lage von Lava ruhen und daher zu einer Zeit gebildet sein müssen, als die vulkanische Thätigkeit auf den Sandwichsinseln bereits begonnen hatte, eine Zeit, die der Gegenwart jedenfalls so nahe liegt, dass die Bedingungen für das Wachstum der Riffkorallen keine andern sein konnten, als jetzt. Diese

Riffe sind daher zweifellos in einer Periode positiver Bewegungen entstanden.

So gewichtig nun auch die bisher gegen die Murray'sche Theorie vorgebrachten Bedenken sind, so würden dieselben doch nicht entscheidend gegen letztere sprechen und immerhin die Möglichkeit zulassen, dass wenigstens die eine oder andere der großen Atollgruppen auf die von Murray angenommene Weise entstanden seien, wenn seine Theorie wirklich im stande wäre, die Eigentümlichkeiten im Bau der Atolle in genügender Weise zu erklären. Aber gerade diese bieten für sie fast unüberwindliche Schwierigkeiten.

Zunächst dürften die durch Sedimentablagerungen und die Bauten von Tiefseetieren emporgewachsenen Berge schwerlich so steile Böschungen zeigen, wie die Atolle sie in den meisten Fällen besitzen. Da Murray im allgemeinen vulkanische Piks als Grundlage für dieselben annimmt, so können wir allerdings für dieselben von vornherein ziemlich steile Böschungen voraussetzen, obgleich dieselben infolge der bei unterseeischen Eruptionen meist vorwiegenden Tuffbildung sicherlich nicht so schroff sind, wie bei vielen Vulkanen des Festlandes. Dadurch aber, dass die höheren Teile des Berges durch die von oben herabfallenden Kalkschalen einen stärkeren Zuwachs erhalten, als die tiefer gelegenen, muss die Steilheit der Gehänge notwendig vermehrt werden. Allerdings ist die Zunahme der Menge der Kalkschalen nach oben zu wohl nicht so bedeutend, wie Murray annimmt. Die Foraminiferen, deren Schalen hier in erster Linie in Betracht kommen, galten ihm nach den vorläufigen Resultaten der Challenger-Expedition sämtlich als pelagische Formen. Die genaueren Untersuchungen von Bradey (Challenger, Zoologie vol. IX) haben dagegen ergeben, dass 98—99 Prozent aller Foraminiferenarten der Tiefsee angehören und nur auf dem Schlamm und Sand des Meeresbodens selber leben. Nur 8 oder 9 Genera leben an der Oberfläche, übertreffen freilich an Individuenzahl alle übrigen bei weitem. Ferner dürfte ein Teil der durch die ungleiche Anhäufung von Kalkschalen hervorgebrachten Wirkung dadurch aufgehoben werden, dass die abgelagerten losen Sedimente infolge ihrer Schwere nach unten drängen, und dieser Einfluss der Schwere wird um so größer sein, je steiler die Böschung ist. Immerhin können sich doch recht steile Abhänge entwickeln. Zweifellos aber erreicht die Zunahme des Wachstums eines solchen Berges durch von oben herabfallende Kalkschalen schon in einer beträchtlichen Tiefe unter dem Meeresspiegel ihr Maximum, und zwar nicht nur deshalb, weil die Zahl der herabfallenden Schalen sich vermindert, sondern

auch, weil die in den oberen Regionen wirksamen Strömungen einen Teil des abgelagerten Sediments wieder entfernen. In diesen höheren Regionen tritt nun allerdings die Thätigkeit solcher Tiere, welche nicht frei lebend im Meere sich aufhalten, in besondere Wirksamkeit; ihre Bauten werden es hier vor allem sein, denen die unterseeische Erhebung eine weitere Erhöhung verdankt. Aber auch der Reichtum an tierischem Leben nimmt nach oben hin nicht beständig zu, sondern erreicht ebenfalls beträchtlich unterhalb der Oberfläche sein Maximum. Die wichtigsten hierauf bezüglichen Thatsachen sind uns von Al. Agassiz und v. Pourtalès aus den westindischen Meeren, deren tierisches Leben überhaupt am eingehendsten untersucht ist, mitgeteilt (Al. Agassiz, »The Tortugas and Florida Reefs«; v. Pourtalès, »Das Leben des Golfstroms«, P. G. M. Bd. XVI. 1870). Es herrscht dort in der obersten Region bis zu einer Tiefe von 200 – 250 Meter eine ziemliche Armut an organischen Wesen. Erst unterhalb dieser Tiefe beginnt sich jener ungeheuere Reichtum tierischen Lebens zu entwickeln, der sowohl in der Zahl der Individuen, wie der Species seinen Ausdruck findet. Die Fülle organischen Lebens reicht bis zu Tiefen von etwa 1800 Meter herab; dann erst macht sich wieder eine Abnahme geltend. Wenn uns nun auch aus anderen Gebieten so genaue Angaben nicht vorliegen, so dürfen wir doch wohl ähnliche Verhältnisse auch in anderen Gebieten tropischer Meere voraussetzen. Jedenfalls wissen wir von verschiedenen Tiergruppen, die gerade für den Aufbau solcher unterseeischen Bänke von hervorragender Bedeutung sind, wie die Brachiopoden und zahlreiche Tiefseekorallen und Spongien, dass sie nicht in den obersten Regionen des Meeres, sondern vorwiegend in größeren Tiefen gedeihen. Wir werden daher wohl eher eine zu kleine, als eine zu große Zahl nehmen, wenn wir das Maximum der Entwicklung des tierischen Lebens in eine Tiefe von 600 Meter verlegen, d. h. an das Ende des oberen Drittels jener Region, in welcher das tierische Leben überhaupt eine reiche Entwicklung zeigt.

Für unsere Frage ergibt sich aus den eben angestellten Betrachtungen das zweifellose Resultat, dass die Zunahme einer unterseeischen Bank durch Sedimente und tierische Ablagerungen aller Art in einer ziemlich erheblichen Tiefe unterhalb des Meeresspiegels ihr Maximum erreichen muss. Ist diese Tiefe überschritten, so werden jetzt die umgekehrten Verhältnisse eintreten, wie vorher, die höchstgelegenen Teile derselben werden jetzt eine geringere Zunahme erhalten, wie die tieferen, und es muss daher jetzt eine Verflachung der Bank eintreten.

Wenn also die Atolle der Südsee und des Indischen Ozeans auf derartigen Sedimentbänken sich aufgebaut hätten, so würden sie anfangs allerdings auch steile Abstürze zeigen bis zu der Grenze der Region, in welcher die riffbauenden Korallen leben. Von da an müsste die Böschung eine ziemlich sanfte sein bis zu den Tiefen, wo die Sedimentablagerungen ihr Maximum erreichen; von da an würden die Gehänge dann wieder steiler werden. Die äußeren Abdachungen der überwiegenden Mehrzahl aller Atolle zeigen nichts dem ähnliches. An das eigentliche Riff schließt sich vielmehr fast überall eine sanft geneigte Fläche an, die mit Korallentrümmern und stellenweise mit großen Blöcken von totem Korallengestein bedeckt ist und von Darwin als Riffebene (flat), von Dana als Küstenplattform bezeichnet wird. Oft ist dieselbe sehr schmal, in anderen Fällen aber besitzt sie eine Breite von 100 Meter und mehr. Von ihrem äußeren Rande aber stürzt das Atoll sehr steil mit Winkeln von 40—60 und zuweilen noch mehr Graden zu bedeutenden Meerestiefen ab. Diese Bildung ist für alle Koralleninseln typisch. Wilkes und Beechey fanden sie an den Paumotus, Darwin an dem Keelingatoll, Moresby an den Inseln des Maldiva- und Chagos-Archipels; die Karolinen und Marschallinseln zeigen dieselbe Erscheinung. Als charakteristisches Beispiel möge die Insel Clermont-Tonnerre in der Paumotu-Gruppe dienen. 42 Meter vom Rande des Riffes fand sich hier eine Tiefe von 13 Metern, bei 54 Meter Entfernung eine solche von 145 Meter, bei 90 Meter von 175 Meter und in $\frac{3}{4}$ Seemeilen Entfernung fand sich bei 1100 Meter Tiefe schon kein Grund mehr (Wilkes »United States Exploring Expedition«. vol. I p. 308). Viele Atolle besitzen jedoch noch einen weit steileren Absturz. So fand Wilkes 15 Meter vom Rande des Manhii oder Wilson-Atolls in demselben Archipel bei 183 Meter, v. Hochstetter (»Reise der Fregatte Novara«. Geol. Teil II. S. 160) 3 Kabellängen vom Rande des Stewart- oder Sikyana-Atolls bei 366 Meter Tiefe keinen Grund mehr. Das höchste Maß von Steilheit aber weisen wohl einige Inseln der Phönix-Gruppe auf. Wenige Schiffslängen von dem Riffrende der Enderbury-Insel fand sich nach den Messungen der Tuskarora bereits die enorme Tiefe von 3660 Meter; fast ebenso steil fallen die Mary- und Sidney-Insel ab. Auch die Riffe der kleinen Insel Masamarhu im südlichen Teil des Roten Meeres fallen bis auf etwa 400 Meter Tiefe nahezu senkrecht ab (Nat. vol. XXXVI 1887 p. 413). Solch jähe Abstürze sind, wie wir gesehen haben, durch die Murray'sche Theorie nicht zu erklären.

Noch weit größere Schwierigkeiten aber bereitet dieser Theorie

die Erklärung der Tiefe der Lagunen. Diese Tiefe ist bei den einzelnen Atollen außerordentlich verschieden. Bei vielen ist die Lagune sehr flach und bleibt nicht selten auch an den tiefsten Stellen noch unter 10 Meter. Ja wir kennen eine ganze Anzahl meist kleiner Atolle, bei denen die Lagune vollständig verschwunden ist und nur noch eine innere Depression das einstige Vorhandensein einer solchen anzeigt. In anderen Gruppen von Koralleninseln aber besitzen die Lagunen zum Teil recht ansehnliche Tiefen. Die Lagune der Gambier-Inseln im Süd-Osten der Paumotus, die wir hier wohl mit anführen dürfen, obwohl sich im Inneren noch einige Felseninseln finden, ist an einigen Stellen über 70 Meter tief (Brit. Admir.-Karte 1112). In der Paumotu-Gruppe selbst finden sich allerdings eine Anzahl Atolle mit sehr flachen und sogar einige wenige ganz ohne Lagunen, bei den meisten aber schwankt die Tiefe nach den Messungen von Beechey (Voyage to the Pacific- and Beerings-Straits. Deutsche Ausgabe Bd. I S. 80 ff.) zwischen 36 und 70 Meter. In den Lagunen der Koralleninseln der östlichen Fidji-Gruppe sind Tiefen von 70 Meter ganz gewöhnlich, in der Lagune der Exploring-Inseln erreichen sie sogar 124 Meter (Dommann, P. G. M. 1882). Für die Marschalls-Inseln giebt Chamisso (Kotzebue's erste Reise. Bd. III) als mittlere Tiefe der Lagunen 55—65 Meter an. Neuere Messungen (vergl. besonders die Aufnahmen des Kapitän Witt A. H. 1881 S. 525—535) haben seine Resultate im wesentlichen bestätigt. Ähnliche Tiefen sind von der Wilkes'schen Expedition innerhalb der Lagunen der Gilbert-Inseln gemessen worden. Im Karolinenarchipel sind nach den Brit. Admir.-Karten Tiefen von 50 Meter ganz gewöhnlich, doch fehlt es gerade in diesem Archipel noch vielfach an genaueren Messungen. Im Peros-Banhos-Atoll in der Chagos-Gruppe finden sich innerhalb der Lagune schon sehr nahe am Rande Tiefen von 37—55 Meter und weiter im Inneren wurden solche bis zu 75 Meter gemessen. Innerhalb der Atolle des Maldiva-Archipels sind Tiefen von 60—80 Meter ganz gewöhnlich; die größte in einer Lagune gemessene Tiefe betrug sogar 90 Meter (Darwin S. 26). Noch größere durchschnittliche Tiefen erhalten wir aber für die Lagunen der untergetauchten Atolle, wie die große Chagosbank, Saya de Malha und Nazarethbank im Indischen Ozean, die Macclesfield- und Tizardbank im Südchinesischen Meere. Die Tiefen derselben überschreiten in allen Fällen 100 Meter und zwar zum Teil nicht unbeträchtlich (vergl. A. H. 1882 S. 448, 449, 701, 702; Nat. vol. XXXVII 1888 p. 383—385 u. 458).

+ Die Tiefe der Atoll-Lagunen überschreitet also die untere Grenze

der Riffkorallenzone in vielen Fällen um ein erhebliches und außerordentlich häufig reicht sie wenigstens nahe an dieselbe heran. Murray und die meisten seiner Anhänger nehmen nun, um diese Thatsachen zu erklären, eine Austiefung der Lagunen durch zweierlei Kräfte an, einmal durch die auflösende Thätigkeit der im Meerwasser enthaltenen Kohlensäure und dann durch die von den Gezeiten- und anderen Strömungen verursachte Erosion. In der That sind ja auch diese Kräfte beständig an den Korallenriffen wirksam. Wir wissen von rezenten Riffen, wie von solchen früherer geologischer Perioden, dass das Meerwasser einen Teil des Kalkkarbonats des toten Korallenfelsens auflöst und dasselbe in tieferen Schichten wieder ablagert. Der Korallenriffels erhält dadurch gerade die ihm eigentümliche kompakte und häufig krystallinische Struktur. In neuester Zeit hat auch James Ross (Nat. XXXVII. 1888. p. 462) die Menge des Kalkkarbonats, welche durch das Meerwasser in einem gewissen Zeitraume aufgelöst wird, durch Experimente an verschiedenen Korallen (*Oculina*, *Madrepora*, *Montipora*) ziffermäßig festgestellt und dieselbe als ziemlich bedeutend gefunden.

Auch die Strömungen, insbesondere die durch die Gezeiten hervorgerufenen, wirken beständig auf die Lagunen der Atolle ein und üben erodierende Wirkungen aus. Bei sehr vielen Atollen und namentlich den größeren, die mit breiten und tiefen Laguneneingängen versehen sind, wird von Strömungen berichtet, die durch diese Eingänge hindurchgehen und mit den Gezeiten ihre Richtung ändern. Hervorgebracht werden dieselben dadurch, dass zur Flutzeit große Wassermengen von außen über das Riff hinüber in die Lagune geworfen werden, die dann durch jene Passagen wieder in das Meer hinausströmen. Dass diese Strömungen auch Sedimentmassen aus der Lagune herausführen, dürfte ebenfalls kaum zu bezweifeln sein. Abgesehen von einzelnen direkt darauf bezüglichen Beobachtungen ist auch die Existenz der Kanäle selbst kaum ohne diese Annahme zu erklären. Denn wäre das Wasser der Strömungen rein, so würde es den Korallen gerade ausgezeichnete Bedingungen für ihr Wachstum gewähren, und dieselben würden rasch die Kanäle zubauen, wie denn in der That an dem Rande derselben die Korallen meist üppig gedeihen. In den Passagen selbst aber stört das von den Strömungen mitgeführte Sediment das Wachstum der Korallen und hält jene so offen.

Eine andere interessante Erosionserscheinung, die man an verschiedenen Koralleninseln wahrnehmen kann, sind die unvollständigen Kanäle, welche zuweilen von dem Inneren der Lagune aus in den

Riffwall eindringen, ohne denselben jedoch ganz zu durchsetzen. Dieselben werden wahrscheinlich bei besonders starken Fluten oder heftigen Orkanen durch die mächtig über das Riff flutenden Wassermassen hervorgebracht, welche versuchen, sich durch dieselben nach außen einen Ausweg zu bahnen. Ribourt (*»Obs. géol. sur Tahiti et les îles basses de l'archipel des Paumotus«*. Bull. soc. géogr. 6. sér. t. XVI. 1878) berichtet über solche unvollständige Kanäle von den Paumotus. Dieselben durchsetzen ein Drittel bis drei Viertel der Riffbreite, nehmen von der Mündung an an Tiefe zu und endigen mit einem Loch, einer Art Aushöhlung in dem Korallenfelsen, wie wenn das Meer lange und heftig gegen die Felsen angeschlagen hätte. Eine ähnliche Erscheinung beschreibt Bourne (*»The Atoll of Diego Garcia and the coral formations of the Indian Ocean«*. Nat. XXXVII. 1888) von den Chagosinseln. Es finden sich dort öfters kleine Nebenlagunen, sogenannte »barachois«, welche dadurch entstehen, dass bei ungewöhnlich hohen Fluten von innen in die Lagunenküste Breschen gerissen und dann Niederungen, welche sich häufig in den umgebenden Landstrichen finden, mit Wasser angefüllt werden.

Ogleich nun also, wie wir gesehen, die beiden Kräfte der chemischen und mechanischen Erosion beständig auf die Lagunen einwirken, so sprechen dennoch alle Thatsachen dagegen, dass durch sie wirklich eine Vertiefung derselben stattfindet. Es herrscht vielmehr überall die entgegengesetzte Tendenz einer allmählichen Auffüllung und Verflachung der Lagunen durch Sediment. Die Sedimentmassen, welche die Lagunen ausfüllen, stammen vorzugsweise von der Außenseite des Riffs. Dort werden durch die brandenden Wogen des Meeres größere und kleinere Stücke von dem Riffels losgerissen und dann über das Riff hinüber in die Lagunen transportiert. Dass dieser Vorgang überall an den Koralleninseln stattfindet, wird übereinstimmend von sämtlichen Beobachtern berichtet. Dass aber die der Lagune auf solche Weise zugeführten Sedimentmassen die von den Strömungen durch die Kanäle ausgeführten an Menge übertreffen, geht schon allein aus der Bodenbeschaffenheit der Lagunen hervor. Der Boden derselben ist nämlich niemals nackter Fels, wie es der Fall sein müsste, wenn chemische Lösung und mechanische Erosion an der Vertiefung der Lagune arbeiteten. Er ist vielmehr überall mit Korallendetritus bedeckt, der alle Abstufungen von grobem Geröll durch gröbere und feinere Sande bis zu dem feinsten oft kreideartigen Korallenschlamm zeigt. Wo aber in einer Lagune oder in einem Teile einer solchen sei es infolge stärkerer Strömungen oder sonstiger Ursachen die Sedimentablagerung

gering ist, da tritt sofort eine andere Erscheinung auf. Die Korallen finden dann auch hier im Inneren der Lagune günstige Lebensbedingungen, wachsen üppig in die Höhe und füllen nun ihrerseits durch ihre Bauten die Lagunen aus. So finden wir es z. B. bei den Keelingatollen, bei Diego Garcia und den Bermudas, wo im Inneren des Atolls nicht nur die am Außenrande des Riffes lebenden, sondern auch verschiedene dort nicht gedeihende Korallenarten üppig wachsen.

Wenn ferner die erodierende Thätigkeit des Meeres wirklich die Lagunen vertiefte, so müssten wir besonders tiefe Lagunen überall da finden, wo breite und tiefe Durchgänge durch das Riff vorhanden sind, flache dagegen, wo auch diese Durchgänge schmal und flach. Das ist aber keineswegs der Fall; es kommen vielmehr in der Beziehung alle nur denkbaren Kombinationen vor. In vielen Fällen besitzen Atolle mit sehr tiefen Lagunen nur ganz unbedeutende Öffnungen im Riff, während eben so häufig flache Lagunen durch breite und verhältnismäßig tiefe Kanäle mit dem offenen Meere in Verbindung stehen. Als besonders auffallende Beispiele der ersteren Art mögen Raraka im Paumotuarchipel und Stewartatoll angeführt werden. Die erstere hat nur einen 9—15 Meter tiefen Eingang in die Lagune; trotzdem fällt dieselbe vom Innenrande unmittelbar zu einer Tiefe von 55 Meter ab und besitzt im Inneren noch sehr viel bedeutendere Tiefen (Wilkes' Exploring Expedition, vol. I. p. 415). Stewart- oder Sikyanaatoll besitzt überhaupt keinen einzigen tieferen Eingang in die Lagune, sondern nur einen ganz schmalen und seichten, kaum für Boote befahrbaren Kanal, während seine Lagune 36—55 Meter Tiefe aufweist (v. Hochstetter, »Reise der Fregatte Novara«. Geol. Teil II. S. 160). Beim Majuroatoll in der Marschallsgruppe ist der südöstliche Teil der Lagune, der fast ganz von Land umgeben ist, bis zu 50 Meter tief, der nordwestliche dagegen, in welchen mehrere Passagen einführen, außergewöhnlich flach und gerade den Eingängen gegenüber finden sich Untiefen mit nur 2—3 Meter Wasser. Die Lagune von Otdia oder Elmore in demselben Archipel dagegen hat nicht weniger als 25 Eingänge, von denen die meisten 12—18, einer sogar 36,5 Meter Tiefe hat; trotzdem ist dieselbe von den größeren Atollen der Marschallsgruppe die flachste (A. H. 1881 S. 525 ff.).

Die zunehmende Verflachung mancher Lagunen ist übrigens auch bei verschiedenen schon seit längerer Zeit beobachteten Atollen sicher festgestellt worden, so z. B. an dem südlichen Keelingatoll. Die seit Darwin's Besuch an demselben vorgegangenen Veränderungen sind von Forbes (Proc. of the royal geogr. soc. 1879) in einer Karte sehr

übersichtlich dargestellt. Es ergibt sich daraus, dass seit jener Zeit einzelne Teile der Lagune durch Detritus, andere durch Korallenwachstum nahezu vollständig ausgefüllt sind, trotzdem das Atoll wahrscheinlich noch in fortschreitender Senkung begriffen ist. Auch von Guppy wird diese rasch zunehmende Verflachung sowohl des südlichen, wie des nördlichen Keelingatolls bestätigt. Innerhalb des Elisabethriffs im Korallenmeer fand Kapitän King (*»Narrative of a Survey of the intertropical and western coasts of Australia«*, vol. II. p. 384) im Jahre 1820 eine tiefe Lagune. Gegenwärtig ist der ganze südliche Teil derselben durch wachsende Korallen verstopft, die nirgends mehr als 2,7 Meter Wasser über sich haben, in der Mitte der Nordseite finden sich einige tiefere Stellen, deren Tiefe jedoch 8 Meter auch nirgends überschreitet, im übrigen ist dieselbe ganz mit Korallensand ausgefüllt, sodass die Tiefe dort nur 0,3—0,9 Meter beträgt (A. H. 1877 S. 424 bis 426). Man sieht daraus, wie rasch unter Umständen die Auffüllung vor sich geht. In den Paumotus sind viele Lagunen ganz oder nahezu ausgefüllt und zwar nicht nur die der ganz kleinen Atolle, sondern auch einiger größerer, wie Anaa, obgleich von einer negativen Bewegung, welche die Ausfüllung hätte begünstigen können, hier kaum die Rede sein kann. Dasselbe gilt von etlichen der Gilbertinseln und verschiedenen der polynesischen Sporaden, wie Baker-, Howland- und Jervisinsel.

Guppy hat auch (Scottish geogr. Mag. V. 1889) die Menge von Sand und Schlamm, welche der Lagune des nördlichen Keelingatolls, eines der kleinsten, welche wir kennen, jährlich zugeführt wird, zu berechnen gesucht. Er schätzt dieselbe auf 5000 Tons. Von diesen Sedimentmassen soll allerdings nur ungefähr $\frac{1}{6}$ in das eigentliche Innere der Lagune gelangen, während $\frac{5}{6}$ auf einer 400—800 Meter breiten Zone am Innenrande der Lagune zur Ablagerung gelangen. Diese Zone würde aber infolge der Sedimentzunahme in einem Jahrtausend um etwa 800 Meter nach dem Inneren der Lagune vorrücken und durch ihr Fortschreiten würde daher in einem geologisch gesprochen kurzen Zeitraume die Lagune völlig ausgefüllt werden.

Dass es im allgemeinen nur kleine Atolle sind, welche wirklich vollständig aufgefüllt werden, ist durchaus begreiflich, ebenso, dass bei Atollen, deren Riffe rings geschlossen sind, die größten Tiefen sich im innersten Teil der Lagune finden, da ja hier die von den Rändern der Lagune nach dem Inneren fortschreitende Auffüllung von allen Seiten gleichmäßig wirken muss. Das schon oben angeführte Beispiel des Majuroatolls aber zeigt, dass die Tiefe der Lagune in erster Linie

nicht von der Größe der Erosion, sondern von derjenigen der zugeführten Sedimentmassen abhängig ist. Der nordwestliche Teil der Lagune dieses Atolls ist deshalb so flach, weil hier das Riff niedrig und nur zum kleinsten Teil mit Inseln besetzt ist, daher noch beständig bedeutende Sedimentmassen ins Innere gelangen können. Der südöstliche Teil dagegen hat bedeutend größere Tiefen, weil sich hier auf dem Riff ein zusammenhängender, ziemlich breiter und zum Teil bewaldeter Inselsaum gebildet hat, der dem weiteren Eindringen von Sediment in die Lagune ein unübersteigliches Hindernis entgegengesetzt.

Wie ferner Murray (Nat. XXXIX. 1889. p. 425) einige von ihm aus dem südlichen Stillen Ozean angeführte Thatsachen zu Gunsten seiner Theorie verwenden kann, ist mir völlig unbegreiflich. Beim Nord- und Süd-Minervariff sind die Tiefen der Außenseite sehr groß und auch in den Lagunen sind solche bis zu 31 Meter gefunden. In demselben Gebiet sind dagegen die Lagunen des fast gleich großen Elisabeth- und Middletonriffs nur 8—9 Meter tief, hier liegen aber auch die Tiefen außerhalb des Riffs bis zu einer Entfernung von einer Seemeile innerhalb der 183 Meter-Linie und an vielen Stellen weit unter 90 Meter. Die Verschiedenheit der Tiefen der Lagunen soll sich nun nach Murray daraus erklären, dass das Innere der Minervariffe dank dem geringen seitlichen Wachstum derselben lange Zeit der lösenden Thätigkeit des Meerwassers ausgesetzt war, während Elisabeth- und Middletonriff jünger seien und sich rascher seitwärts ausdehnt hätten. Gerade das Gegenteil ist aber offenbar der Fall. Wenn das Wachstum der Riffe nach oben gehemmt ist, so breiten sich dieselben, wie alle Beobachtungen zeigen und wie Murray selbst öfters hervorgehoben hat, seitlich aus. Das Elisabeth- und Middletonriff sind daher offenbar die älteren Riffe und die Flachheit ihrer Lagunen erklärt sich daher aus der schon mehr fortgeschrittenen Auffüllung, während die Lagunen der jüngeren Minervariffe noch eine größere Tiefe bewahrt haben. Dass diese Auffassung der Sachlage die richtige ist, geht auch aus der schon oben angeführten Thatsache hervor, dass die Lagune des Elisabethriffs noch im Anfange dieses Jahrhunderts sehr tief war und erst seit jener Zeit durch Sediment aufgefüllt worden ist.

All den angeführten Thatsachen gegenüber bleibt für die Anhänger der Murray'schen Theorie, um die Tiefe der Lagunen zu erklären, nur die Annahme übrig, dass in manchen Fällen der vertiefte innere Raum schon bestanden haben müsse, ehe die Korallen ihre Bauten begannen. Diese Annahme ist denn in der That auch von Murray gemacht und

das Vorhandensein einer solchen inneren Vertiefung ebenfalls auf die lösende Wirkung des Meerwassers zurückgeführt worden. Er hat dabei namentlich auf die Tiefe der Lagunen in untergetauchten atollförmigen Bänken hingewiesen. Aber gerade diese sprechen am allerschärfsten gegen seine Theorie. Von all den Bänken im Indischen Ozean und Südchinesischen Meer, auf die er besonders Bezug nimmt, ist nur die Tizardbank noch von lebenden Korallen reichlich bevölkert, bei allen anderen, der großen Chagosbank, Saya de Malha, Cargados Carajos und der Macclesfieldbank sind die Korallen ganz oder größtenteils abgestorben und der Rand des Riffs besteht fast überall aus totem Korallenfels. Diese Erscheinung ist gänzlich unverständlich, wenn wir diese Bänke als in die Höhe wachsende Atolle, welche den Meeresspiegel noch nicht erreicht haben, ansehen. Sie ist dagegen völlig erklärlich, wenn wir hier eine rasche positive Bewegung annehmen, mit welcher das Wachstum der Korallen nicht gleichen Schritt zu halten vermochte. Da nun viele Riffkorallen, wie wir gesehen, nur in ganz beschränkten Tiefenzonen gedeihen, so mussten sie bei einer solchen rasch fortschreitenden positiven Bewegung absterben. Alle jene Bänke sind daher zweifellos gesunkene Atolle. Andererseits besitzen solche unterhalb des Meeresspiegels liegende Bänke, auf denen Korallen noch üppig leben, nur in den seltensten Fällen eine innere Vertiefung, vielmehr ist bei den allermeisten der centrale Teil gerade der höchste, so im Salomonsarchipel, an manchen Bänken an der Westküste Australiens, bei den Riffen im Roten Meer und den Abrolhos.

Es verstrickt sich aber ferner Murray, wenn er annimmt, dass die innere Vertiefung schon unterhalb der Riffkorallenzone angelegt sei, in den unlöslichen Widerspruch, dass er einmal eine Erhöhung der unterseeischen Erhebung durch Ablagerung von Sediment und die Bildung der inneren Vertiefung durch Auflösung desselben erklären muss. Dieser Widerspruch ist denn auch bereits von Anderen empfunden worden und in der sehr lebhaften Debatte, welche sich gerade über diesen Punkt in der letzten Zeit entwickelt hat (Nat. XXXVII. 1888. p. 393—395, 414, 415, 438, 462, 463, 488, 509, 535, 546, 604), treten auch sonst entschiedene Anhänger der Murray'schen Theorie, wie Bourne und Wharton, denen ein großes eigenes Beobachtungsmaterial zur Verfügung stand, mit großer Bestimmtheit gegen die Möglichkeit einer Vertiefung der Lagune durch lösende Wirkung des Meerwassers und mechanische Erosion auf. Wharton sieht sich, um die Murray'sche Theorie zu retten, deshalb zu der Annahme gezwungen, dass auch Tiefseetiere in ähnlicher Weise, wie die Riffkorallen

am Außenrande einer Bank besser gediehen, wie an den centralen Teilen, und dass daher durch ihre Bauten die atollförmige Gestalt schon unterhalb der Riffkorallenzone angelegt sei. Ganz abgesehen nun davon, dass dieser Annahme ebensogut wie der Murray'schen die That- sache entgegensteht, dass unterseeische Bänke von lebenden Korallen fast niemals eine atollförmige Gestalt zeigen, so ist dieselbe auch bis- her durch keine einzige Beobachtung bestätigt und ist gerade für die größeren Meerestiefen, um die es sich dabei handeln würde, im äußer- sten Grade unwahrscheinlich. Die Annahme Wharton's acceptieren hieße nur, eine unsichere Hypothese durch eine noch viel gewagtere und unbegründetere stützen.

Die Murray'sche Theorie erweist sich mithin als durchaus unfähig, die Tiefe der Lagunen zu erklären. Ganz anders die Darwin'sche Theorie. Nach ihr werden da, wo die positive Bewegung gering oder ganz zum Stillstand gekommen ist, die Lagunen rasch aufgefüllt wer- den und diese Auffüllung wird weitergehen, bis die Lagune völlig ver- schwunden oder bis durch die Bildung zusammenhängender Inseln auf dem Riffrande eine weitere Zufuhr von Sediment verhindert wird. In diesem letzteren Falle können die Lagunen zuweilen in Süßwasserseen umgewandelt werden. Schreitet aber die positive Bewegung noch leb- haft fort, so bleiben die Lagunen tief, weil der Ausfüllung durch die positive Bewegung das Gleichgewicht gehalten wird.

Es treten nun aber weiterhin noch verschiedene andere Erschei- nungen auf, welche sehr zu Gunsten der Darwin'schen und gegen die Murray'sche Theorie sprechen. Dahin gehört das Auftreten stufen- oder schwellenförmiger Schichten um die Lagunen mancher Atolle, auf das Darwin (S. 30 und 103) schon aufmerksam gemacht hat und das er gewiss sehr richtig durch wiederholtes rasches Sinken mit da- zwischen liegenden Ruhepausen erklärt. Solche Stufen finden sich z. B. am Mathildaatoll und an der Pfingstinsel und in ausgezeichneter Weise an den gehobenen Atollen der Loyaltyinseln, bei denen die alte Lagune jetzt durch eine centrale Ebene dargestellt wird, über welcher sich nach dem Rande zu mehrere Terrassen mit steilen Abstürzen erheben (Chambeyron, »Note relative à la Nouvelle Calédonie«. Bull. soc. géogr. 6. sér. t. IX. 1875; Bansa, »Nouvelle Calédonie«. ib. t. V. 1873). Solche terrassenförmige Abstufungen finden sich aber ebenso auch an der Außenseite mancher Atolle und dürften auf dieselbe Entstehungs- ursache zurückzuführen sein. So fällt z. B. die gehobene Elisabeth- insel in den östlichen Paumotus zunächst mit 15 Meter hohen senk- rechten Wänden zum Meere ab, dann folgt eine ziemlich ebene Bank

mit lebenden Korallen, die sich etwa 40 Meter weit vom Ufer hinaus erstreckt und bei $5\frac{1}{2}$ Meter Tiefe plötzlich abbricht. Dann folgt eine zweite ähnliche Bank, die sich bis auf 170 Meter vom Ufer erstreckt, etwas stärker geböscht ist und bei 45 Meter Tiefe ebenso schroff sich versenkt. Ganz nahe ihrem Rande fand sich bei 360 Meter Tiefe kein Grund mehr (Beechey, »Voyage to the Pacific and Beerings Straits«. Deutsche Ausg. I. S. 85—87). Auch bei Aratica oder Karlshof in demselben Archipel hat Wilkes mehrere solcher Terrassen nachgewiesen, und dieselbe Erscheinung findet sich an der gehobenen Weihnachtsinsel im Indischen Ozean (A. H. 1887. S. 243), bei welcher die Höhendifferenz zwischen den einzelnen Terrassen 60—90 Meter beträgt. Diese Erscheinungen erklären sich, wie gesagt, durch die Darwin'sche Theorie sehr natürlich, während nach der Murray'schen eine Erklärung ziemlich schwer sein dürfte.

Für die Darwin'sche und gegen die Murray'sche Theorie spricht ferner die Thatsache, dass in sehr vielen Atollgruppen die Hauptlängsrichtung der einzelnen Atolle mit der Richtung der ganzen Gruppe übereinstimmt. Diese Thatsache tritt sehr auffällig bei den Paumotus, den Gilbert-, Ellice- und Marschallsinseln hervor; und gerade bei diesen Inselgruppen haben wir die Gewissheit, dass diese Erscheinung nicht etwa durch den Verlauf der Meeresströmungen hervorgebracht ist, denn bei den Paumotus besitzen die Strömungen nach den Angaben von Wilkes und Beechey nur eine sehr geringe Stärke, und bei den übrigen Inselgruppen verläuft der Äquatorialstrom in nahezu ostwestlicher Richtung, während diese Inselgruppen selbst in der Richtung S.O.—N.W. oder S.S.O.—N.N.W. sich erstrecken. Die Annahme, dass die Inselgruppen auf untergesunkenen Bergketten sich gebildet haben, erklärt diese Erscheinung auf das beste, sie erklärt ebenfalls die Bildung von Doppelatollen und die Verbindung von Atollen durch lineare Riffe. Diese letzteren Erscheinungen lassen sich besonders schön in ihren verschiedenen Stadien in der Marschallsgruppe verfolgen. Jaluit zeigt die ersten Spuren einer beginnenden Teilung der Lagune. Beim Mentschikoffatoll liegt im Norden eine kleine seichte Lagune, die durch ein Riff von der Hauptlagune getrennt ist. Diese selbst ist in der Mitte außerordentlich verengt, so dass sie bei fortschreitender Senkung sich wahrscheinlich in zwei Hälften zerlegen wird. Namu oder Musquillo südöstlich von Mentschikoff ist ein vollständiges Doppelatoll, dessen beide ziemlich gleich große Lagunen durch ein Riff, auf dem sich mehrere kleine Inselchen gebildet haben, getrennt sind. Das Riff vom Arnoatoll hat zwei lange sporenförmige Fortsätze, deren einer

an seinem Ende eine kleinere Lagune enthält. Romanzoff- und Erikub-, Suwarow- und Kutusoff-Atoll sind jetzt getrennte Atolle, die aber offenbar aus einem größeren Atoll hervorgegangen sind (A. H. 1881 S. 525—535). Auf die sich hieran anschließenden eigentümlichen Erscheinungen der Koralleninseln des Maldivaarchipels noch einmal einzugehen, scheint mir bei der ausführlichen Behandlung, welche Darwin denselben hat zu Teil werden lassen, überflüssig.

Wir wenden uns jetzt der Besprechung der Barrierriffe zu, bei denen wir uns aber erheblich kürzer fassen können, wie bei den Atollen. Guppy ist der Ansicht, dass auch viele Barrierriffe ähnlich wie die Atolle einer Hebung des Untergrundes ihre Entstehung verdanken. Er beruft sich dabei vor allem auf die schon im ersten Kapitel von mir besprochenen gehobenen Riffe der Insel Alu. Ganz gewiss sind diese Riffe während einer Periode der Hebung gebildet, sie waren aber gewiss auch keine typischen Barrierriffe. Mir ist wenigstens kein Fall bekannt, wo eine Insel oder ein Festland von einer solchen Reihe hinter einander liegender Barrierriffe umgeben ist. Die konzentrische Anordnung der Riffe erinnert vielmehr in auffallender Weise an die Riffe von Florida, deren charakteristische Verschiedenheit von echten Barrierriffen von mir oben dargelegt ist. Im Übrigen kann ich hier lediglich auf meine früheren gegen die Guppy'sche Hebungstheorie gerichteten Ausführungen verweisen. In Bezug auf die Bildung anderer Barrierriffe schließt sich Guppy an die Auffassung Murray's an, die wir jetzt darlegen wollen.

Murray ist der Ansicht, dass Barrierriffe ursprünglich als Strandriffe auf einer Grundlage von Küstensediment, hauptsächlich vulkanischem Schlamm gebildet seien, dass dann durch die Anhäufungen von Korallentrümmern an der Außenseite hier der Meeresboden so weit erhöht sei, um es den Korallen zu ermöglichen, nach außen weiter zu bauen, während der innere Kanal durch die lösende und erodierende Thätigkeit des Meeres erweitert und vertieft sei. Er gründet diese Ansicht auf die unter seiner Leitung während der Challengerexpedition angestellten genauen Beobachtungen und Messungen an den Riffen von Tahiti (Chall. I S. 777 ff.). Dieselben ergaben das Resultat, dass die Steilheit der äußeren Abdachung des Riffes vom Rande zunächst zunimmt und ihr Maximum in einer Entfernung zwischen 100 und 200 Faden (180—360 Meter) von demselben erreicht. Dort betrug der Böschungswinkel im Durchschnitt 43 Grad, im Maximum 70 Grad. In weiterer Entfernung dagegen nimmt der Böschungswinkel rasch an Größe ab und beträgt in einer Entfernung von einer halben Seemeile

vom Riffrende nur 6 Grad im Durchschnitt. Bis zu einer Tiefe von 35 Faden (63 Meter) fanden sich wachsende Korallen, zwischen 35 und 150 Faden (63—275 Meter) Spongien, Alcyonarien und andere Invertebraten, in Tiefen von mehr als 150 Faden Korallensand mit vulkanischen Mineralien, bei Tiefen von 420, 590, 620, 680 Faden (768, 1080, 1125, 1244 Meter) vulkanischer Schlamm mit einigen Korallentrümmern.

Dagegen ist nun zunächst zu bemerken, dass die Riffe von Tahiti, wie das übrigens auch Murray selbst zugiebt, durchaus nicht als typische Barrierriffe angesehen werden können. Sie tragen vielmehr auf dem größten Teil ihrer Erstreckung den Charakter von Strandriffen und nur an einzelnen Stellen, wie namentlich gegenüber dem Hafen von Papieti entfernen sie sich weiter von der Küste und lassen einen breiten und schiffbaren Kanal zwischen sich und jener, was sich durch die sehr sanfte Abdachung der Küste von Tahiti auf das natürlichste erklärt. Aber auch die äußere Abdachung der Riffe von Tahiti ist durchaus nicht für die eigentlichen Barrierriffe charakteristisch. Das ergibt ein Vergleich mit den Riffen von Neu-Caledonien, die in neuerer Zeit von Admiral Chambeyron auf das eingehendste untersucht worden sind. (»Note relative sur Nouvelle Calédonie«. Bull. soc. géogr. 6. sér. t. IX 1875.) Derselbe fand in einer Entfernung von 200 Meter vom Außenrande des Riffs eine durchschnittliche Tiefe von 30 Meter, bei 400 Meter Entfernung eine solche von 90—125 Meter, bei 600 Meter eine Tiefe von 360 Meter; wenige Meter weiter betrug die Tiefe aber bereits 750 Meter im Durchschnitt. Dies giebt Neigungswinkel von $8\frac{1}{2}$ Grad vom Rifftrand bis 200 Meter Entfernung von demselben, von 29 Grad zwischen 200 und 400, von 51 Grad zwischen 400 und 600 Meter Entfernung, dann folgt ein nahezu senkrechter Absturz. Der Grund bestand in allen gemessenen Tiefen aus festem Korallenfels oder Korallentrümmern. Ähnlich steile Abstürze scheint auch das große Australriff wenigstens für den größeren Teil seiner Erstreckung aufzuweisen. Wir besitzen darüber allerdings keine genaueren Messungen aus neuerer Zeit, sind vielmehr wesentlich auf die schon von Darwin zusammengestellten Angaben von Flinders und Beete Jukes angewiesen (Flinders, »Voyage to Terra Australis«. vol. II. 1814; Beete Jukes, »Narrative of the voyage of H. M. S. Fly«. Chap. XIII. 1847). Aus denselben geht aber mit Sicherheit hervor, dass die äußere Abdachung mit Ausnahme des nördlichsten Teils nahe der Torres-Straße sehr steil ist und schon in sehr geringer Entfernung vom Außenrande sich Tiefen von 3—400 Meter finden.

Auch die Tiefe der Lagunenkanäle ist bei dem Barrierriff von Neu-Caledonien und bei dem großen Australriff sehr viel bedeutender, als bei den Riffen von Tahiti. Während dieselbe innerhalb der letzteren 30 Meter kaum irgendwo überschreitet, beträgt dieselbe in dem Lagunenkanal von Neu-Caledonien in der Mitte überall mehr als 50 Meter. Innerhalb des großen Australriffs finden sich allerdings in dem nördlichsten Teil auch nur Tiefen von 20—40 Meter, nach Süden zu aber nehmen dieselben allmählich auf 70, 80, 90 und an einzelnen Stellen bis auf 110 Meter zu.

Was nun die Theorie von Murray selbst betrifft, so ist das Weiterbauen eines Riffes auf Grund des von ihm selbst stammenden Trümmersmaterials in der That vielfach beobachtet. Wir haben schon gesehen, wie die Floridariffe in der Weise sich weiter entwickelt haben, allerdings infolge der Strömungen nicht nach außen, sondern seitlich. Dagegen hat ein Weiterwachsen des Riffes nach außen Guppy von verschiedenen Stellen im Salomonarchipel beschrieben und durch Profile erläutert (Proc. royal soc. of Edinburgh. vol. XIII. 1884/85). Ähnliche Beobachtungen wurden von Junghuhn (»Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart«, übers. von Hasskarl 1854, Bd. III, S. 200—202) an der Südseite von Java, von v. Hochstetter (»Reise der Fregatte Novara«. Geol. Teil II, S. 83) an den Nikobaren gemacht; auch von den Küsten Neu-Guineas und des Bismarckarchipels berichtet Admiral v. Schleinitz ähnliches (A. H. 1876). Aber in keinem dieser Fälle ist es zur Bildung eines Barrierriffs gekommen. Die Floridariffe entfernen sich allerdings weit vom Festland, aber der zwischenliegende Meeresarm wird, wie wir gesehen, immer mehr von Korallenschlamm ausgefüllt, ist jetzt schon außerordentlich flach und wird in einer nicht zu fernen Zukunft voraussichtlich völlig zu festem Land geworden sein. Die in Betracht kommenden Riffe der Salomoninseln ferner gehören sämtlich der Gruppe der Strandriffe an. In dem Falle von Java ist es überhaupt nicht zur Bildung eines inneren Kanals gekommen, die innere Fläche von totem Korallengestein wird hier rasch mit dem von den Wellen heraufgeworfenen Korallendetritus bedeckt und in festes Land verwandelt, so dass das Weiterbauen des Riffes eine beständige Zunahme des Landes bewirkt. Ganz ebenso verhält es sich mit den erwähnten Riffen der Nikobaren, Neu-Guineas und des Bismarckarchipels.

Dass in der That in der von Murray angenommenen Art und Weise ein echtes Barrierriff mit tiefem Lagunenkanal nicht entstehen kann, folgt schon aus dem oben gegebenen Nachweis, dass eine

Vertiefung der Lagunen durch chemische und mechanische Erosion des Meeres nicht stattfindet. Derselbe gilt natürlich in derselben Weise für die Lagunenkanäle der Barrierriffe. Für die Riffe von Neu-Caledonien und das Australriff tritt diese Thatsache noch besonders deutlich hervor, weshalb ich hier noch einige darauf bezügliche Angaben

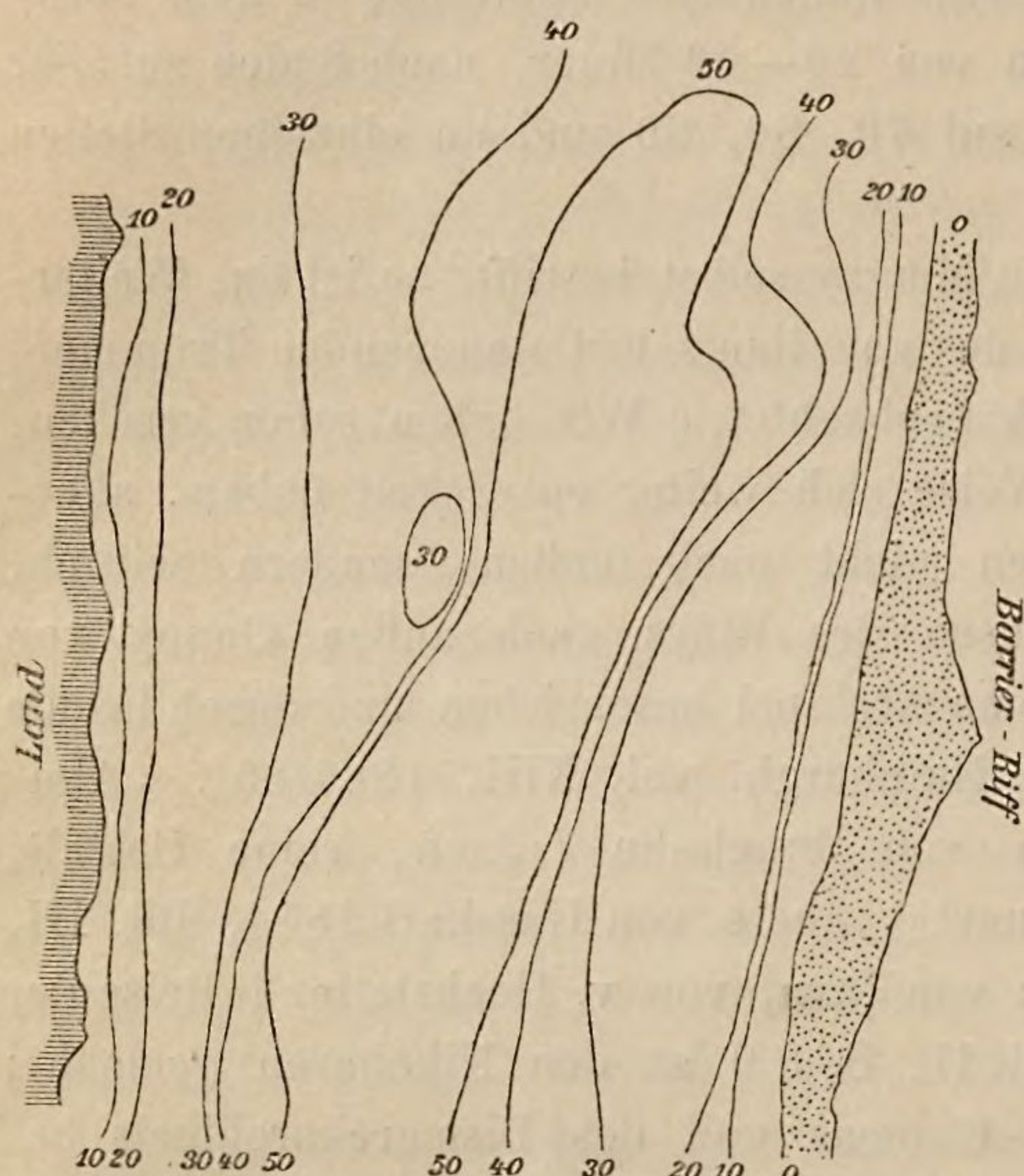


Fig. 1. Ein Teil des Kanals innerhalb des Barrierriffs von Neu-Caledonien (nach Chambeyron).

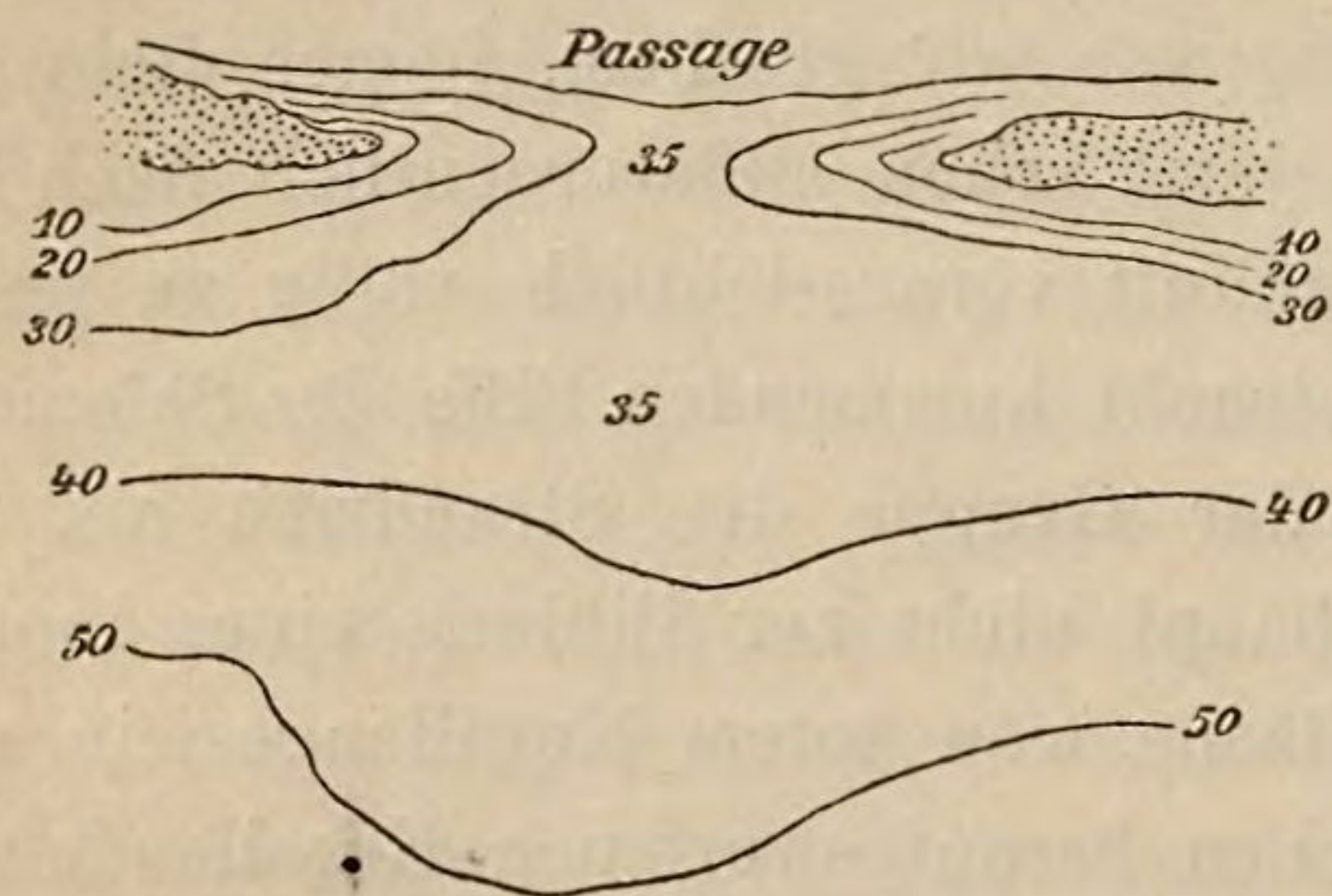


Fig. 2. Passage durch das Barrierriff (nach Chambeyron).

hinzufügen will. Das Meer innerhalb des großen Australriffs ist außerordentlich ruhig und frei von starken Strömungen. Flinders hebt diese Thatsache ausdrücklich hervor mit dem Bemerkten, dass sich der Meeresteil dadurch besonders zur Küstenschiffahrt eigne. Auch innerhalb des Barrierriffs von Neu-Caledonien ist ruhiges Meer. Die Tiefen nehmen von dem inneren Rande des Riffs, wie von der Küste des Landes ganz regelmäßig nach der Mitte des Lagunenkanals zu, wo sich die größten Tiefen von über 50 Meter finden. Die Tiefenkurven zeigen dabei einen sehr regelmäßigen Verlauf. Der Boden besteht bis zu Tiefen von 50 Meter aus Korallen und Korallensand, in den größeren Tiefen aus Schlamm verschiedenen Ursprungs. Hier haben sich allmählich die terrestrischen und vegetabilen

Reste, welche nicht in das offene Meer fortgeführt wurden, angesammelt. Bei der Annäherung an die wenigen großen Riffpassagen nehmen die Tiefen über 50 Meter erheblich an Ausdehnung zu und stehen durch die Passagen mit dem offenen Ozean in Verbindung. Bei der großen Zahl der kleineren Passagen aber bleiben die Tiefen unter

50 Meter, und die 50 Meter-Linie bleibt, ohne von denselben beeinflusst zu werden, der Küste parallel. Alle diese Umstände zeigen, dass von einer Vertiefung des Lagunenkanals nicht die Rede sein kann, dass derselbe vielmehr durch Korallentrümmer und die vom Lande stammenden Sedimente ausgefüllt wird. Zur Verdeutlichung des Vorhergehenden sind nebenan ein paar aus der Abhandlung von Chambeiron entnommene Kartenskizzen beigelegt (Fig. 1, 2).

Außerdem zeigt der Lagunenkanal auch die terrassenförmigen Bildungen mit zum Teil sehr schroffen Absätzen, die wir oben von den Lagunen verschiedener Atolle kennen lernten und dort mit Darwin als Anzeichen einer wiederholten, ruckweisen und dann unterbrochenen Senkung auffassten.

Aus all dem geht hervor, dass sowohl der äußere steile Abfall, wie die Tiefe der Lagunenkanäle bei den Barrierriffen durch die Murray'sche Theorie sich nicht erklären lassen. Mögen immerhin die Riffe von Tahiti sich in der von ihm angenommenen Weise gebildet haben, was sehr wahrscheinlich ist, da diese Insel mit ihrer breiten Küstenebene auch sonst keine Zeichen von positiver Bewegung aufweist. Echte Barrierriffe, wie das von Neu-Caledonien und das große Australriff, können jedenfalls ohne Mitwirkung einer positiven Bewegung nicht zu stande kommen.

Endlich aber möchte ich noch einmal mit Nachdruck darauf hinweisen, dass, wer die Murray'sche oder Guppy'sche Theorie als richtig annimmt, darauf verzichtet, die auffallende Übereinstimmung zu erklären, welche besteht zwischen echten Atollen und solchen Barrierriffen, welche in weitem Kranze felsige Inseln umgeben, wie diejenigen von Raiatea, Bolabola, Hogoleu und Vanikoro. Gerade diese Übereinstimmung und das gleichzeitige Vorkommen beider Riffformen in denselben Archipelen, wie es namentlich in dem Karolinenarchipel und in der östlichen Fidjigruppe auf das schönste hervortritt, bilden eine der wesentlichsten Grundlagen der Darwin'schen Theorie.

Als Resultat unserer bisherigen Betrachtungen dürfen wir daher wohl den Satz aussprechen, dass sowohl die Murray'sche, wie die Guppy'sche Theorie mit zahlreichen durch Beobachtungen sicher festgestellten Thatsachen im Widerspruch stehen und außerdem nicht im stande sind, die Eigentümlichkeiten im Bau zahlreicher Atolle und Barrierriffe zu erklären, dass dagegen die Darwin-Dana'sche Theorie und sie allein eine befriedigende Erklärung für dieselben giebt. Es ist daher ohne Zweifel die überwiegende Mehrzahl aller echten Barrierriffe und Atolle unter Mitwirkung einer positiven Bewegung entstanden.

Ob diese positiven Bewegungen auf wirklicher Senkung oder auf einem Anschwellen des Meeres beruhen, soll weiter unten untersucht werden.

Am Schluss dieses Kapitels möchte ich jedoch noch eine Frage wenigstens kurz berühren, die allerdings auf den ersten Blick sehr abzuliegen scheint, aber dennoch vielleicht mit dem eigentlichen Gegenstande unserer Untersuchung in engem Zusammenhange steht. Es ist das die Frage, weshalb der Atlantische Ozean im Verhältniß zu den beiden anderen so arm an Koralleninseln und Riffen ist, dass dieselben dort ausschließlich auf Westindien und einige Küstenstriche Südamerikas beschränkt sind und abgesehen von den Bermudas und einigen der südlichen Bahamas echte Atolle dem Atlantischen Ozean gänzlich fehlen. Dass es an der Ostseite desselben nicht zur Bildung von Korallenriffen gekommen ist, erklärt sich ja allerdings durch die dort herrschenden kalten Strömungen und die starke Anhäufung klastischer Sedimente sehr natürlich, wie ja aus dem gleichen Grunde auch die pacifischen Küsten des tropischen Amerika ohne Riffe sind. Aber dass Korallenriffe auch dem centralen Teile des äquatorialen Atlantischen Ozeans so vollständig fehlen, ist eine jedenfalls sehr auffallende und bisher durchaus nicht genügend aufgeklärte Thatsache. Die Temperatur des Meeres ist ja hier überall eine so hohe, wie sie die riffbildenden Korallen zu ihrer Existenz bedürfen. Dass ferner die weite insellose Flur den in Westindien so reich entwickelten Korallen eine Schranke für ihre Verbreitung nach Osten gesetzt haben sollte, erscheint ebensowenig denkbar, wenn man damit die außerordentlich großen Zwischenräume vergleicht, durch welche zum Teil die einzelnen Korallenbildungen des Stillen Ozeans von einander getrennt sind. Wie weit liegen z. B. die Riffe der Sandwichsinseln und die diese Inselkette fortsetzenden Atolle von allen übrigen Koralleninseln entfernt! Einige kleine Riffe finden sich ferner an der pacifischen Küste Centralamerikas, die von den zunächst gelegenen Koralleninseln des Stillen Ozeans durch ein inselloses Meer getrennt sind, dessen Breite diejenige des ganzen äquatorialen Atlantischen Ozeans weit übertrifft. Und diese Riffe sind nicht etwa Überbleibsel aus einer Zeit, in welcher der Atlantische und Stille Ozean noch im Zusammenhang standen. Die Korallen, welche dieselben aufgebaut, zeigen vielmehr durchaus pacifischen Charakter, sie gehören vorwiegend der Gattung *Pocillopora* an, die in Westindien fehlt.

Hätten also die riffbildenden Korallen innerhalb des äquatorialen Atlantischen Ozeans irgendwo eine geeignete Grundlage für ihre Bauten

gefunden, so würden sie sich ohne Zweifel auch dort angesiedelt haben. Es bleibt also zur Erklärung der oben angeführten Thatsache nur die Annahme übrig, dass solche Grundlagen in diesem Gebiete in der That nirgends vorhanden sind. Nun zieht sich aber quer durch den äquatorialen Teil des Atlantischen Ozeans ein breiter unterseeischer Höhenrücken hin, durchaus vergleichbar mit jenen Erhebungen des Stillen Ozeans, auf denen sich die Ketten der Atollinseln aufbauen. Von diesem centralen Rücken erheben sich ferner einzelne vulkanische Felseninseln, wie St. Paul's Felsen u. a. Es ist daher in hohem Grade unwahrscheinlich, dass nicht neben diesen vereinzelter Vulkaninseln, welche über die Oberfläche des Meeres sich erhoben haben, auch einzelne unterseeische Kuppen derselben Art sich finden sollten. Da nun weiterhin das tierische Leben des Atlantischen Ozeans dem des Stillen in den gleichen Breiten durchaus nicht nachsteht, so müsste, wenn die Murray'sche Theorie richtig wäre, hier ebenso gut, wie im Stillen und Indischen Ozean eine Erhöhung der unterseeischen Kuppen durch Ablagerung von Schalenresten stattfinden und auf diese Weise eine geeignete Grundlage für die Bauten riffbildender Korallen geschaffen werden. Das Fehlen der Atolle im Atlantischen Ozean bliebe daher nach der Murray'schen Theorie durchaus unerklärt.

Anders steht es, wenn wir annehmen, dass nur durch Senkung oder positive Bewegung die Bildung von Atollen ermöglicht wird. Dann werden Atolle in allen den ozeanischen Gebieten fehlen, wo solche Bewegungen in neuerer Zeit nicht stattgefunden haben. Dass das für den Atlantischen Ozean zutreffend ist, dafür sprechen in der That gewisse Anzeichen. Große vertikale Verschiebungen des festen Felsgerüsts unserer Erde sind stets mit Spaltenbildungen verknüpft, und es treten daher in ihrem Gefolge vulkanische Erscheinungen auf. Nun steht in Bezug auf vulkanische Thätigkeit der Atlantische weit hinter dem Stillen und selbst dem Indischen Ozean zurück. Es fehlt ihm nicht nur der Kranz thätiger Vulkane, welcher den Stillen Ozean in seiner ganzen Ausdehnung umgiebt, sondern auch in seinen centralen Teilen äußert sich die vulkanische Kraft in viel geringerem Maße als dort und ist auf einige wenige Centren beschränkt. Die Resultate von Rudolph's Untersuchungen über Seebeben und submarine Eruptionen (Beiträge zur Geophysik, herausgeg. von G. Gerland 1888) lassen diese Thatsachen auf das unzweideutigste erkennen. Wir dürfen daher wohl annehmen, dass auf dem Boden des Atlantischen Ozeans in der Gegenwart vertikale Verschiebungen nicht annähernd in dem Maße und Umfange stattfinden, wie auf dem des Stillen Ozeans, selbst wenn wir

Sueß darin beistimmen, dass das pacifische Becken in seiner ersten Anlage älter ist, als das atlantische. Sueß hat dafür ja in der That eine Reihe gewichtiger Gründe angeführt (»Antlitz der Erde«. Bd. II, Abschn. V u. VI), jedoch beziehen sich seine Untersuchungen doch wesentlich auf den nördlichen Atlantischen Ozean, der hier nicht in Betracht kommt. Wenn vertikale Bewegungen, also auch ausgedehnte Senkungen innerhalb des Atlantischen Ozeans nicht stattgefunden haben, wenn andererseits Atolle ohne Senkung nicht zu stande kommen können, so wäre in diesen beiden Thatsachen die Erklärung des Fehlens derselben im centralen Atlantischen Ozean gegeben. Der Einwand, dass hierdurch nicht das Fehlen von Korallenriffen an den isolierten Vulkaninseln, wie Fernando-Noronha, St. Paul, Ascension und St. Helena erklärt werde, lässt sich durch den Hinweis auf deren große Steilheit leicht entkräften. Auch die Marquesasinseln im Stillen Ozean sind ja aus diesem Grunde frei von Riffen. Übrigens finden sich auch auf Fernando-Noronha einige um ein paar Meter gehobene Riffe (Proc. of the royal geogr. soc. vol. X, 1888, p. 424 ff.).

III. Abschnitt.

Zusammenvorkommen der drei Riffformen in benachbarten Gebieten. Übergänge von positiver zu negativer Bewegung.

Die Palauinseln. Positive Bewegungen im Norden, negative im Süden derselben.
Die Sandwichsinseln. Die Samoainseln. Die Gesellschaftsinseln. Die Marianen.
Die Loyaltyinseln. Die Fidjiinseln. Allgemeiner Bau derselben. Positive Bewegungen in der östlichen und südlichen Gruppe. In der nordwestlichen sind solche mit Sicherheit nicht nachzuweisen.

Die Frage, in wie weit das gleichzeitige Auftreten der drei Hauptriffformen in nahe benachbarten Gebieten und das Vorkommen von Barrierriffen und Atollen in Gegenden, für welche neuere Hebungen konstatiert sind, mit der Darwin'schen Senkungstheorie vereinbar seien, ist größtenteils schon durch die Betrachtungen im ersten Abschnitt erledigt. Denn vorwiegend handelt es sich dabei in der That um Gebiete, in welchen eine Senkung nicht stattgefunden hat und die Bildung der Atoll- und Barrierriffe auf andere Weise zu stande gekommen ist. Indessen giebt es auch in den Gebieten, für welche nach meiner Überzeugung die Darwin'sche Theorie allein die Bildung der Korallenriffe und -inseln zu erklären im stande ist, eine Anzahl von Inselgruppen, bei denen jene Erscheinungen zu beobachten sind. Namentlich ist von den Gegnern Darwin's wiederholt auf die Palau- und Fidjiinseln hingewiesen worden. Wir müssen diese Inselgruppen daher noch einer näheren Betrachtung unterziehen und nachweisen, dass jene Erscheinungen in der That nicht der Art sind, dass aus ihnen ein Einwurf gegen die Darwin'sche Theorie abgeleitet werden kann.

Was die Palauinseln betrifft, so haben die trefflichen Schilderungen Semper's (»die Palauinseln« 1882 und Zeitschrift für wissensch. Geologie Bd. 13, p. 563—568, wieder abgedruckt in »die Philippinen und

ihre Bewohner«) im allgemeinen ihre Bestätigung gefunden in den neueren Berichten Kubary's (J. M. G. Heft IV) und den Untersuchungen von S. M. S. »Hertha« unter dem Kapitän z. See, jetzigen Contre-Admiral Knorr (A. H. 1876, S. 271—273, 281—283, nebst einer Karte der Palauinseln). Indessen geben dieselben doch einige nicht unwesentliche Berichtigungen, und namentlich ist die von den Offizieren der Hertha entworfene Karte, die, wenn sie auch noch einige Lücken zeigt, doch einen bedeutenden Fortschritt gegen die ältere englische Karte M'Cluer's darstellt, geeignet, uns vielfach ein anderes Bild zu zeigen, als wir es uns nach den Schilderungen Semper's entwerfen möchten.

Nach Semper finden sich am nördlichen Ende der Palauinseln drei echte Atolle, Kossol, Kreiangel oder Kajangle und Ngaruangel. Die erstere schildert er uns als eine 5—6 Seemeilen lange hufeisenförmige Bank, die ihr geschlossenes Ende der drei Seemeilen weiter nördlich gelegenen Insel Kreiangel zukehrt, während ihre südliche offene Seite aus einem tiefen Kanal durch allmähliches Verwachsen einzelner Korallenbänke ihren Ursprung nimmt. Kreiangel ist vollständig geschlossen. Das Riff an der westlichen dem Winde weniger ausgesetzten Seite ist breit und niedrig, an der Ostseite ist es schmaler, trägt aber 4 kleine, höchstens $1\frac{1}{2}$ Meter hohe Inselchen. Die Lagune ist schmal und nicht über 2 Meter tief. Ngaruangel endlich ist eine ganz unter Wasser getauchte Bank, soll aber früher eine bewohnte Insel gewesen sein, die durch einen Orkan am Ende des vorigen Jahrhunderts zerstört wurde.

Gerade gegen diese Schilderungen erwecken die Mitteilungen Kubary's und die Karte der Hertha manche Bedenken. Es erscheint nach denselben geradezu zweifelhaft, ob wir es hier wirklich mit echten Atollen zu thun haben, Kossol ist auf dieser Karte als ein einfaches von Süd nach Nord lang gestrecktes Riff eingetragen, das sehr wohl als die Fortsetzung des großen die Insel Babelthaub umgebenden Riffes betrachtet werden kann, von dessen nördlichem Ende es nur durch einen 5 Seemeilen breiten Kanal getrennt ist, der nirgends eine größere Tiefe als 60 Meter besitzt. Auch befindet sich westlich von ihm und in gleicher Breite ein zweites Riff, das dann die Fortsetzung des Barrieriffs an der Westseite von Babelthaub wäre. Das wird auch durch die Bemerkung Kubary's (a. a. O. S. 32) wahrscheinlich gemacht, dass ihm der ganze Seeboden bis hinter Kreiangel eine zusammenhängende Erhöhung zu sein scheine. Kreiangel nähert sich von den drei in Frage kommenden Gebilden am meisten der Form eines echten Atolls, aber auch hier sieht die Lagune, die ja auch nach Semper sehr schmal und

seicht ist, mehr wie ein tiefer Einschnitt in das Riff aus. Über Ngaruangel endlich fehlen alle genaueren Nachrichten, da weder Semper noch Kubary dieses Riff besucht haben, noch auch die Hertha es bei ihrer Fahrt berührt hat. Wir sind deshalb in Betreff seiner auf die Mitteilungen der Eingeborenen und Händler angewiesen. Aus denselben geht mit Bestimmtheit das eine hervor, dass Ngaruangel jetzt völlig unterhalb des Meeresspiegels liegt. Früher soll es eine bewohnte Insel gewesen sein, aber keine Korallenbildung, sondern ein »Risojoss«, mit welchem Namen die Palauinsulaner vulkanische Piks bezeichnen (Kubary S. 32).

Ein zusammenhängendes Riff umgibt sämtliche übrigen Inseln mit Ausnahme der südlichsten Ngaur. Von ihnen bestehen die nördlichste und bei weitem größte Babelthaub und die im Süden sich zunächst an sie anschließenden kleineren Inseln Korrer, Malakal und Ngarakotabansa oder Narakabersa aus vulkanischem Gestein. Dasselbe wurde von Semper und Kubary für Trachyt gehalten, ist aber nach den genaueren Untersuchungen Wichmann's (»Zur geologischen Kenntnis der Paulauinseln«. J. M. G. Heft VIII. S. 123—127) ein dem Trachyt äußerlich allerdings sehr ähnlicher Augit-Andesit. Sehr verbreitet sind namentlich die Tuffe desselben, die sehr leicht verwittern und in einen roten Thon von äußerst geringer Widerstandsfähigkeit zerfallen. An einzelnen Stellen wird der Andesit von Basaltströmen durchbrochen. Alle südlichen Inseln, unter denen sich noch vier größere befinden, nämlich Uruktapel, Eil Malk, Pililu oder Pelelew und Ngaur sind gehobene Koralleninseln, deren oft senkrecht aufsteigende Klippen Höhen von 120—150 Meter erreichen. Wichmann giebt ihre höchste Erhebung sogar auf 300 Meter an.

Das umgebende Riff ist an der Ostseite nur ein Strandriff, das sich nach Semper nirgends weiter als 800—1000 Schritt von der Küste entfernt und nur durch einen schmalen und kaum bei Hochwasser befahrbaren Kanal von derselben getrennt ist. Durch dasselbe führen drei Passagen hindurch, die Armigt-Toakle-Passage zwischen Babelthaub und Korrer, die Malakal-Passage gegenüber der gleichnamigen Insel und die Denges-Passage nördlich der kleinen Insel Earakong. Außer diesem Küstenriff befindet sich nach der Aufnahme der Hertha gegenüber Korrer noch ein kürzeres, aber zusammenhängendes Außenriff. Auf der Westseite ist das Riff ein ausgesprochenes Barrierriff, das sich bis zu 6 Seemeilen von der Küste entfernt und, soweit bis jetzt bekannt, nur eine für große Schiffe brauchbare Durchfahrt, die Aremolanguj-Passage im Norden enthält. Südlich derselben zieht sich innen noch

ein zweites Riff parallel der Küste von Babelthaub, das mit dieser Insel einen guten und tiefen Kanal bildet. Zwischen ihm und dem 3—4 Seemeilen entfernten Außenriff liegen zahlreiche kleine Korallenbänke mit 1—6 Meter Wasser, während im übrigen ziemlich bedeutende Tiefen vorhanden sind. Nach der Karte der Hertha beträgt die größte vorhandene Tiefe 70, nach einer Angabe Semper's sogar über 100 Meter.

Im Süden nimmt das Riff die Gestalt einer breiten nur von wenigen tiefen Kanälen durchfurchten Fläche an, die eine ganze Anzahl kleiner Eilande und an der Südspitze die große Insel Pelelew mit einander verbindet und die, wie Semper meint, wohl die Höhe angiebt, bis zu welcher die abradierende Thätigkeit der Meereswellen reicht. Sie würde also wohl der »Küsten-Plattform« Dana's entsprechen. Die Insel Pelelew selbst zeigt die Reste eines auf 60—80 Meter gehobenen Korallenriffs, das im Nordwesten, wo es sich in niederen Klippen fortsetzt, und im Osten zusammenhängend ist. Beide Teile sind durch eine breite mit Sümpfen und Mangrovegebüschten erfüllte Niederung getrennt, welche die alte Lagune andeutet. Das Riff ist reich an Petrefakten, welche den Schichten ein sehr junges Alter anweisen. Das lebende Riff tritt auch hier im Osten näher an die Insel, wie im Westen. Die vier Seemeilen südlicher gelegene Insel Ngaur besteht ebenfalls aus gehobenem Korallenkalk, der sich bis zu 150 Meter Höhe erhebt, ist ganz frei von lebenden Riffen und zeigt sehr steile unterseeische Böschungen.

Überblicken wir das Ganze, so ergibt sich zunächst die zweifellose Thatsache, dass jedenfalls im südlichen Teil der Inselgruppe in neuerer Zeit Hebungen stattgefunden haben, die wohl mit den letzten Andesitausbrüchen in Zusammenhang stehen dürften. Ebenso zweifellos ist es aber, dass diese Hebungen auf den mittleren und nördlichen Teil der Inselgruppe sich nicht ausgedehnt haben, ja dass in dem nördlichsten Teil neuerdings Senkungen stattgefunden haben müssen, mögen wir nun die drei nördlichsten Inseln als Atolle betrachten oder nicht. Denn die Thatsache steht doch fest, dass die früher über den Meeresspiegel erhobene und bewohnte Insel Ngaruangel jetzt von der Oberfläche verschwunden ist, was wohl kaum der Wirkung eines Orkanes allein zugeschrieben werden kann.

Was ferner das Verhältnis der Barrier- und Strandriffe zu einander betrifft, so ist zu bemerken, dass nach der Karte der Hertha das Riff nicht, wie Semper angiebt, im Süden ein Strandriff, im Norden ein Barrierriff ist, sondern dass sich das Barrierriff an der Westseite, das Strandriff an der Ostseite der Inselgruppe hinzieht. Diese

Verschiedenheit beruht wohl wesentlich, wie auch Semper an einer anderen Stelle andeutet, auf den Windverhältnissen. Die regelmäßig von Osten wehenden Winde trieben die Wogen gegen die Ostseite des Riffes und hinderten die Korallen an einer weiteren Ausdehnung nach außen, während sie sich an der ruhigeren Leeseite weiter ausdehnen konnten. Das Riff im Süden erscheint freilich für die auf ihm liegenden Inselchen als Strandriff, ebenso wie ein Atollriff für die auf ihm gebildeten Inseln gewissermaßen ein Strandriff ist, im Verhältnis zu den Inseln Eil Malk und Uruktafel aber war das Riff ursprünglich jedenfalls ebensogut ein Barrierriff, wie weiter im Norden in Bezug auf Babelthaub, nur dass durch die nachfolgende Hebung der zwischenliegende Kanal größtenteils ausgefüllt ist.

Nach meiner Überzeugung muss jedenfalls im Gebiet der Palauinseln einst eine allgemeine positive Bewegung stattgefunden haben, ob durch Senkung des Landes oder Hebung des Meeresspiegels lassen wir vorläufig noch dahingestellt. Dafür sprechen, wenn wir von den atollähnlichen Bildungen im Norden absehen, vor allem die Tiefe des Lagunenkanals im Westen von Babelthaub, die ursprünglich atollförmige Gestalt von Pelelew und die große Mächtigkeit, welche der gehobene Korallenkalk in den südlichen Inseln besitzt, die die Tiefe, bis zu welcher riffbildende Korallen leben können, jedenfalls um mehr als das Doppelte übertrifft. Solche Bildungen konnten ohne positive Niveauveränderungen schlechterdings nicht zu stande kommen. Diese positive Bewegung dauert offenbar im Norden noch fort, in dem mittleren Teil scheint sie zum Stillstand gekommen zu sein, im Süden ist sie in die entgegengesetzte Bewegung übergegangen. Der Thätigkeit der Wellen, welche die aus dem Meere emportauchenden Inseln benagten und das so gewonnene Material um dieselben anhäuften, und dem fortgesetzten Wachstum der riffbildenden Korallen verdankt dann die ausgedehnte Fläche, welche jetzt einen großen Teil der Südinseln verbindet, ihre Entstehung. Um Ngaur aber konnte es infolge des außergewöhnlich steilen Abfalls dieser Insel zu einer neuen Riffbildung nicht kommen.

Dieser stufenweise Übergang von Gebieten, in denen neuere negative Bewegungen zu konstatieren sind, durch stationäre Gebiete in solche mit entschieden positiver Bewegung ist nun im Gebiete des Stillen Ozeans eine weit verbreitete Erscheinung. Sie erklärt nicht nur vollständig das Vorkommen der drei Riffformen in benachbarten Gebieten, sondern ist sogar ein sehr gewichtiges Argument zu Gunsten der Darwin'schen Theorie, auf das übrigens auch Dana seiner Zeit

schon hingewiesen hat. Wir wollen diese Erscheinung daher durch verschiedene Inselgruppen verfolgen.

Die Sandwichsinseln sind eine von O.S.O. nach W.N.W. sich erstreckende Kette vulkanischer Inseln. Die östlichste und größte, Hawaii, besitzt wohl infolge der noch immer sehr lebhaften Thätigkeit seiner Vulkane keine oder jedenfalls nur sehr vereinzelte Korallenriffe. Dagegen sind alle übrigen Inseln fast rings von Strandriffen umgeben. Auf der Insel Molokai im östlichen Teil der Gruppe fand Dana (Geol. rep. p. 233) gehobene Korallenriffe, die noch die Struktur rezenter Arten zeigten, in Höhen bis zu 90 und 120 Meter; im östlichen Teil der Insel waren dieselben 2—3 Seemeilen von der Küste entfernt. Ähnliche Verhältnisse scheinen auf der noch weiter östlich gelegenen Insel Maui zu bestehen. Auf der zunächst westlich von Molokai gelegenen Insel Oahu nehmen die Korallenbildungen von allen Sandwichsinseln die größte Ausdehnung ein, erreichen jedoch nicht die Höhe, wie auf Molokai (Dana, Geol. rep. p. 251—256). Das erhobene Riff bildet hier eine Ebene am Fuße der Berghänge von einer mittleren Höhe von 3—6 Meter, doch reicht es an einigen Stellen bis zu 12 Meter hinauf. Dieser erhobene Riffelsen findet sich an der ganzen Südküste, setzt sich an der Nordostküste von Makapuu bis Makuku Point mit geringen Unterbrechungen fort, findet sich an der Nordwestseite wieder um Wailua und am Südwest-Kap. Der Riffelsen ist von sehr verschiedenartiger Struktur, meist ein festes homogenes Gestein mit nur wenigen Korallen, während er an anderen Stellen sehr zahlreiche Korallen in der Stellung, in welcher sie gewachsen sind, enthält. Häufig ist der gehobene Korallenfels noch von Hügeln losen Korallensandes überlagert.

Die beiden westlichsten Inseln Kauaii und Niihau sind auch von Riffen umgeben, dagegen finden sich keine Spuren einer Erhebung. Die Bildungen korallinen Ursprungs sind Strand- und Driftbildungen, wie sie sich an allen von Korallenriffen umgebenen Küsten finden (Dana, Geol. rep. p. 275—277). Über diese Inseln hinaus setzt sich nun die Kette noch in einigen echten Atollen, wie Brook-, Birds- und Ozeaninsel, Pearl- und Hermesriff fort, von denen wir freilich keine sehr eingehende Nachrichten besitzen, deren atollartiger Charakter aber genügend feststeht (Dana, »Coral Islands« p. 324; Darwin S. 160). Die am eingehendsten von Couthouy (»Remarks on Coral formations« p. 38) beschriebene Ozeaninsel ist von beträchtlicher Größe, trägt auf dem Riff nur wenige kleine Inseln und hat eine sehr seichte Lagune. Auch die 1867 von amerikanischer Seite aufgenommene Brook- oder

Midleyinsel hat nur eine sehr seichte Lagune (größte Tiefe 13 Meter) und umschließt im Süden mehrere kleine Sandinseln (Brit. Adm.-Karte 2169).

Wir können hier also auf Molokai im Osten eine ziemlich bedeutende negative Bewegung konstatieren, weiter westlich auf Oahu hat eine solche jedenfalls noch stattgefunden, jedoch in viel geringerem Betrage. Kauaii und Niihau scheinen stationär zu sein, im äußersten Westen endlich weisen die Atolle auf positive Bewegung hin; sehr intensiv scheint dieselbe nach der Flachheit der Lagunen zu urteilen allerdings auch hier nicht mehr zu sein.

Die schon oben besprochenen Bohrungen auf Oahu beweisen aber ferner, dass auch im östlichen Teil der Sandwichsinseln den jetzt dort vorherrschenden negativen Bewegungen positive Bewegungen und zwar jedenfalls im Betrage von mehreren hundert Metern vorangegangen sein müssen. Wir haben daher hier ganz analoge Vorgänge vor uns, wie ich sie oben für die Palauinseln als sehr wahrscheinlich dargelegt habe. In einer früheren Periode waren die positiven Bewegungen in dem ganzen Gebiet des Sandwichsarchipels verbreitet, im westlichen Teil dauern sie noch fort, im mittleren sind sie zum Stillstand gekommen, im östlichen in die entgegengesetzte Bewegung übergegangen.

Verwandte Verhältnisse bieten die Samoainseln dar. Zwar fehlt es hier an Hebungerscheinungen, dagegen finden sich Strandriffe, Barrierriffe und ein echtes Atoll in ähnlicher Anordnung, wie auf den Palauinseln. Dana (Geol. rep. p. 400) hat schon darauf hingewiesen, dass die Inseln dieser sich im allgemeinen von West nach Ost erstreckenden Inselgruppe in dieser Richtung an Größe abnehmen. Die größte Insel Sawaii ist die westlichste, dann folgt nach Osten zu die zweitgrößte Upolu, dann die erheblich kleinere Tutuila, während die kleinsten Inseln Manua, Ofu und Olosenga den östlichen Teil der Gruppe einnehmen. Dana zog daraus den Schluss, dass die Senkung der Inselgruppe nach Osten zunehme, worin ihn die Riffbildungen bestärkten. Im Westen finden sich nämlich ausschließlich Strandriffe, weiter nach Osten treten auch einzelne Barrierriffe auf, endlich liegt noch jenseits Manua, der letzten der vulkanischen Inseln, das kleine Rosaatoll.

Die genaueren Nachrichten, welche wir jetzt von dieser Inselgruppe besitzen (vergl. namentlich Graeffe, »Topographie der Schifferinseln«. J. M. G. Heft I. S. 1—32; derselbe, »Zur Geologie der Samoainseln«. J. M. G. Heft VI. S. 119—122), lassen diese Verhältnisse noch deutlicher hervortreten. Die Südküste von Sawaii ist infolge des steilen Abfalls der Berge ganz frei von Riffen. Die Nordseite und

Ostseite dagegen sind mit Riffen umsäumt, die ausschließlich den Charakter von Strandriffen zeigen, wenn sie sich auch im Osten $\frac{1}{2}$ —1 Seemeile von der Küste entfernen und zwischen dieser einen für Kähne befahrbaren Kanal frei lassen. Denn dieser letztere Umstand ist nur der Flachheit der Ostküste zuzuschreiben. Die von West nach Ost langgestreckte Insel Upolu hat auf der Süd- und Nordseite Riffe. Vorwiegend sind es auch hier Küstenriffe, doch treten daneben auch Barrierriffe auf, so namentlich gegenüber dem Hafen Saluafata, wo das Außenriff eine Seemeile von der Küste entfernt ist, ein paar kleine Koralleninseln trägt, die beständig an Größe zunehmen, und zwischen sich und dem Lande tiefes Fahrwasser frei lässt (A. H. 1879. S. 329. S. 340; 1883. S. 325). Auch dieses Riff dürfte wohl nur der Flachheit der gegenüberliegenden Küste seine Entstehung verdanken. Anders liegen die Verhältnisse bei der nächstfolgenden Insel Tutuila. Dieselbe zeigt außerordentlich steile Küsten und tiefe Einschnitte, deren Auftreten von Dana mit Recht als Zeichen einer stattgefundenen Senkung angesehen wird. Namentlich dringt im Süden die Pago-Pago-Bucht fjordartig tief in das Land ein und zerlegt dasselbe fast in zwei Teile. Sie ist 3 Seemeilen lang, zeigt am Eingange eine Tiefe von 65 Meter, die erst nach dem Inneren zu auf 36—20 Meter herabsinkt. Auf allen Seiten wird sie von Bergen begrenzt, die steil zu Höhen von 600 bis 1000 Meter emporsteigen. Sie ist also offenbar ein altes Flussthal, das durch Senkung allmählich in eine Meeresbucht verwandelt ist. Ihr gegenüber befinden sich in einer Entfernung von 2 Seemeilen zwei durch einen tiefen Kanal getrennte Bänke, die Taema- und Nafanua-bank mit 11—16 Meter Wasser, die sich von der kleinen Insel Anuu im Osten bis Nanuli im Westen fortziehen und offenbar ein gesunkenes Barrierriff darstellen. Zwischen ihnen und der Insel Tutuila betragen die Wassertiefen fast überall mehr als 64 Meter (vergl. Brit. Adm.-Karte 1730). Die Inseln Ofu, Olosenga und Tuu sind ihrer außergewöhnlich steilen Küsten wegen fast ganz frei von Riffen. Die östlichste kleine Insel Rosa endlich ist ein echtes Atoll. Sie ist fast kreisrund, wird von einem fast rings geschlossenen Riff gebildet, auf dem sich im Osten und Norden je eine kleine Insel befindet. In die 13—15 Meter tiefe Lagune führt nur im Nordwesten eine schmale 2—3 Meter tiefe Einfahrt. Nordöstlich der Rosainsel liegen ferner die Dangerinseln, welche ein Atoll bilden, das meist untergetauchte Tenariff und weiterhin die ebenfalls aus Atollen bestehende Manihiki-gruppe; direkt im Osten dagegen ein ganz inselloses Gebiet.

Noch deutlicher treten die eben besprochenen Beziehungen in der

Gruppe der Gesellschaftsinseln hervor, nur ist die Richtung, in welcher die Inseln an Größe abnehmen, die entgegengesetzte. Die östlichste Insel Tahiti ist hier bei weitem die größte. Die sie umgürtenden Riffe sind, wie wir schon an einer früheren Stelle besprochen haben, im allgemeinen Strandriffe, entfernen sich jedoch an einzelnen Stellen, so namentlich gegenüber Papieti, ziemlich weit von der Küste und schließen dann einen Lagunenkanal von erheblicher Tiefe ein. Da Tahiti nirgends tiefe Einschnitte zeigt und von einem 3—4 Seemeilen breiten Gürtel niederen Landes umgeben ist, so dürfen wir wohl annehmen, dass sie in neuerer Zeit stationär gewesen ist. Die im Westen zunächst folgende und zweitgrößte Insel Eimeo oder Morea hat auf ihrer Nordseite zwei tiefe Einschnitte; die Riffe sind zum Teil auch Strandriffe, z. T. aber bis zu 2 Seemeilen von der Küste entfernte Barrierriffe. Eine positive Bewegung von geringem Betrage erscheint daher schon hier nicht unwahrscheinlich. Nach Westen muss dieselbe aber weit bedeutender gewesen sein, da die weiter westlich gelegenen Inseln Huahine, Raiatea und Bolabola außerordentlich tiefe Einschnitte zeigen und von weiten Barrierriffen rings umschlossen sind. Die nordwestlichste Insel Tubai endlich ist wieder ein echtes Atoll; ein zweites Atoll Tetuaroa liegt nordwestlich von Tahiti.

Dana hat ferner noch auf die Marianen hingewiesen, die von Süden nach Norden ebenfalls an Größe abnehmen, trotzdem die vulkanische Thätigkeit im Norden gegenwärtig am intensivsten ist. In ihrer nördlichen Fortsetzung finden sich ähnlich, wie in der westlichen Verlängerung der Sandwichsinseln, Atolle.

Keine Inselgruppe aber zeigt die Erscheinung des allmählichen Überganges eines Gebietes mit positiver in ein solches mit negativer Bewegung deutlicher als die Loyaltyinseln im Osten von Neu-Caledonien (vergl. Grundemann, P. G. M. XVI. 1870. S. 365—369; Chambeiron, Bull. soc. géogr. 6. sér. t. IX. 1875; Bansa, ibid. t. V. 1873). Dieselben setzen sich aus vier Ringen zusammen, die sich von Nordwest nach Südost erstrecken. Der nordwestlichste ist das Astrolaberiff, ein ausgedehntes ringförmiges Riff, das allerdings noch sehr wenig erforscht ist, aber, soweit unsere Kenntnis reicht, überall untergetaucht ist oder eben den Meeresspiegel erreicht. Als zweiter folgt die Insel Uvea, ein echtes Atoll mit einer bis zu 18 Meter tiefen Lagune und ziemlich geschlossenem Riff. Die auf demselben liegenden Inseln sind bis zu 18 Meter Höhe gehoben. Die weiter im S.O. folgende Insel Lifu ist ein gehobenes Atoll, sie ist ganz aus totem Korallengestein zusammengesetzt und aus drei durchaus horizontalen

Etagen aufgebaut, deren höchste sich bis zu 90 Meter Höhe erhebt. Die südöstlichste Insel Mare besteht abgesehen von einem Trachytgipfel ebenfalls ganz aus Korallenkalk, der Höhen von über 100 Meter erreicht. Derselbe erhebt sich in 5 übereinander liegenden horizontalen Etagen. Die zweite und dritte bilden im Inneren der Insel eine weite Ebene, offenbar die alte Lagune, während die höheren Etagen den äußeren Rand bilden. Weiter im Südosten liegen noch einige kleinere Riffe und Korallenfelsen, von denen der Walpolefelsen ebenfalls nahezu 100 Meter Höhe erreicht. Alle diese Inseln fallen mit außergewöhnlich steilen, nahezu senkrechten Böschungen zu sehr großen Meerestiefen ab.

Die Übereinstimmung mit den Palauinseln ist in die Augen springend. Auch hier musste früher einmal eine allgemeine positive Bewegung stattgefunden haben. Die Mächtigkeit der Korallenbildungen und die senkrechten Abstürze lassen darüber keinen Zweifel. Im Nordwesten scheint diese Bewegung noch weiter zu bestehen, während sie, je weiter wir nach Südosten fortschreiten, in eine immer stärkere negative Bewegung übergegangen ist. Das benachbarte Neu-Caledonien zeigt wenigstens Spuren ähnlicher Vorgänge. Dass dort eine große allgemeine positive Bewegung stattgefunden hat, haben wir oben bereits ausgeführt. Aber auch hier scheint die Bewegung am anhaltendsten und intensivsten im Nordwesten gewesen zu sein, wo die beiden Barrierriffe sich weit über die Insel hinaus fortsetzen und eine weite, allerdings noch fast gänzlich unerforschte Lagune einschließen, während im Südosten neuere Hebungen, wenn auch von geringem Betrage (3—5 Meter) konstatiert worden sind.

Ganz anders, als bei den eben besprochenen Inselgruppen liegen die Verhältnisse bei den Fidjiinseln (vergl. Dana, Geol. rep. p. 339 bis 352; Kleinschmidt, »Die Fidjiinseln«, J. M. G. Heft XIV. 1879; A. H. 1875. S. 430—436, 1878. S. 316—318, 516—529; Kapitän Usborne Moore in Nat. XL. 1889. p. 203—205, 271—273; von Karten ist außer der älteren Wilkes'schen vor allem diejenige von Domann, P. G. M. 1882, von Wert, weil für dieselbe sämtliche Aufnahmen der Britischen Admiralität bis 1881 benutzt und verarbeitet sind). Auch sind dieselben verwickelter und lassen nicht selten eine zweifache Deutung zu. Diesem Umstande ist es denn auch zuzuschreiben, dass, während Murray, Guppy u. A. dieselben als unverträglich mit der Darwin'schen Theorie ansehen, auf der anderen Seite Dana und in jüngster Zeit Kapitän Usborne Moore sie gerade als treffliche Stützen für diese anführen.

Eine reihenförmige Anordnung der Inseln ist in dem Fidjiarchipel nicht vorhanden. Dieselben bilden vielmehr in ihrer Gesamtheit ein ungleichseitiges Dreieck und lassen sich deutlich in vier Gruppen scheiden, eine nordwestliche, eine südliche, eine östliche und eine centrale.

Die nordwestliche Gruppe ist die bedeutendste; sie enthält die beiden großen Inseln Vanua Levu und Viti Levu nebst zahlreichen kleineren. Dieselben sind hohe gebirgige Inseln, deren höchste Spitzen sich bis zu 1500 Meter Höhe erheben. Größtenteils setzen sie sich, soweit unsere noch unvollständigen Kenntnisse reichen, aus vulkanischen Gesteinen zusammen, doch sind auch ältere krystallinische Gesteine, Granit, Syenit und Quarzporphyr und alttertiäre Meeresablagerungen in ziemlicher Verbreitung von dort nachgewiesen worden (Wichmann in Tschermak's mineralogisch-petrographischen Mitteilungen V. 1882; Tennison Wood, »On some fossils from Levuka, Viti«. Proc. of Linn. soc. of New South Wales 1879). Ein ausgedehntes unterseeisches Plateau verbindet die Inseln Vanua und Viti Levu und umschließt auch die meisten kleineren Inseln der Nordwestgruppe. Von ihnen liegen zwei Gruppen, die Yasawa- oder Asaua- und die Mamanutha- oder Hudsoninseln, dem Außenrande des Plateaus sehr nahe. Den Rand selbst nimmt das große Barrierriff ein, welches die Nordostspitze von Vanua Levu mit dem Westende von Viti Levu verbindet. Dasselbe tritt an diesen beiden Stellen sehr nahe an die Inseln heran, während es sich sonst in einem weiten nach außen konvexen Bogen weit von ihnen entfernt. Auch der vielfach ausgezackte Ostrand des Plateaus gegen die Gorosee wird von Riffen umsäumt. Die Tiefen auf dem Plateau sind stets unter 100 Meter und an den meisten Stellen außerordentlich gering. An manchen Stellen ist es mit Korallenuntiefen fast ganz erfüllt. Etwas größere Tiefen scheinen nur im südwestlichen Teil vorhanden zu sein, wo zwischen den Hudsoninseln und dem Barrierriff Tiefen bis zu 72 Meter gelotet wurden. Nach außen dagegen fällt das Plateau steil ab. Schon wenige Seemeilen außerhalb des Barrierriffs sinken im offenen Ozean die Tiefen auf 2000 Meter und mehr herab. Auch in der Gorosee finden sich unmittelbar außerhalb des das Plateau begrenzenden Riffes Tiefen von 400 Meter.

Auf der Süd- und Ostseite sind Vanua und Viti Levu von Korallenriffen umgeben, die durchaus den Charakter von Strandriffen zeigen, wenn sie sich auch hier und da etwas weiter von der Küste entfernen und einen für kleinere Fahrzeuge schiffbaren Kanal zwischen sich und dem Lande lassen. Die beiden südlichsten Inseln der Nordwestgruppe, Mebengha und Vatu Lele liegen außerhalb des Plateaus,

die erstere wird von Viti Levu durch einen schmalen, aber bis zu 400 Meter tiefen Kanal getrennt und von einem Barrierriff umschlossen, das sich namentlich nach Südwesten weit ausdehnt, dessen Lagune aber ziemlich flach ist und nirgends eine Tiefe über 36 Meter aufweist. Vatu Lele ist durch einen noch breiteren und tieferen Meeresarm von Viti Levu getrennt. Nur seine Nordküste wird von einem Barrierriff begleitet, während auf der Südseite nur Strandriffe vorhanden sind.

Die südlichste Gruppe ist die kleinste. Die Hauptinsel Kantavu wird an ihrer Nordseite von einem unregelmäßig gestalteten, an mehreren Stellen, namentlich gegenüber den Flussmündungen durchbrochenen Barrierriff begleitet, das einen überall schiffbaren Kanal von zum Teil beträchtlicher Tiefe (bis zu 73 Meter) einschließt. Kapitän Usborne Moore hat darauf aufmerksam gemacht, dass diese Barriere eine Kette kleiner vulkanischer Inseln einschließt, die stufenweise an Höhe abnehmen, dass ferner der südwestliche Teil der Insel bei Kap Washington der höchste, und dass hier nur spärliche Riffe entwickelt sind. Er glaubt daraus schließen zu dürfen, dass die Insel eine Bergkette darstellt, deren nördlichster Teil unter das Meer versinkt. Mit dieser Auffassung stehen die Thatfachen durchaus im Einklang, dass im Südwesten dem Kap Washington ziemlich nahe die kleine bis zu 3 Meter über Hochwasser erhobene Koralleninsel Denham sich erhebt, während nach Norden zu eine reiche Riffentwicklung stattfindet. Es ist nämlich nicht nur die Kantavu im Nordosten benachbarte Insel Ono von einem Barrierriff umgeben, sondern es setzt sich dasselbe unter dem Namen des Großen Astrolaberiffs 25 Seemeilen nach Norden fort (so zeigt die Domann'sche Karte; nach den A. H. 1878 ist das Astrolaberiff von dem Barrierriff von Ono durch einen schmalen aber einige dreißig Meter tiefen Kanal geschieden). Nördlich desselben und von ihm durch tiefes Fahrwasser geschieden liegt das Nord-Astrolaberiff, ebenfalls mit einer Lagune im Inneren. Die Tiefen in beiden Lagunen betragen nach der Domann'schen Karte 18—45 Meter.

Die östliche Gruppe umfasst nur kleine Inseln mit einer reichen Riffentwicklung, welche alle die Übergangsformen vom Barrierriff zum Atoll zeigt, die den eigentlichen Ausgangspunkt der Darwin'schen Senkungstheorie bilden. Dana hat denn auch bereits mit Nachdruck auf diese Inselgruppe als eine der besten Illustrationen für jene Theorie hingewiesen. Um nur ein paar Beispiele anzuführen, so haben wir in den Exploringinseln eine Gruppe hoher vulkanischer Inseln, die sämtlich von einem weiten Barrierriff umschlossen sind. Das Argoriff oder Bukatatanoa umschließt eine fast insellose Lagune. In den Ringgold-

inseln endlich haben wir eine Anzahl echter Atolle vor uns. Die Tiefen innerhalb der Lagunen derselben sind zum Teil recht bedeutend. In den drei nördlichen Atollen der Ringgoldgruppe beträgt sie allerdings nur 25—30 Meter, im Adolphusriff beträgt sie aber schon 36; und in den beiden südlichen Atollen finden sich fast überall Tiefen von 55 bis 70 Meter, an einigen Stellen sogar von nahezu 90 Meter. Noch bedeutender sind die Tiefen innerhalb des großen Barrierriffs der Exploringinseln. Im südlichen Teil betragen sie freilich nur 25 Meter im Durchschnitt, dagegen ist die durchschnittliche Tiefe im nördlichen Teil 50 und im centralen Teil 70 Meter, die beiden größten hier geloteten Tiefen betragen 106 und 124 Meter. Die Lagune des Argoriffs ist 35—60 Meter tief und ähnliche Verhältnisse finden sich in den Lagunen der südöstlichen Inseln. Doch giebt es auch einige mit ganz flachen Lagunen, z. B. Fulanga, wo die größte Tiefe in der Lagune nur 13 Meter beträgt. Dieselbe ist allerdings auch eine der kleinsten des ganzen Archipels und fast überall von Land eingeschlossen. Die Meeresarme, welche die einzelnen Inselgruppen des östlichen Fidji-Archipels von einander trennen, sind überall sehr tief, sie erreichen an einzelnen Stellen Tiefen von 1000 Meter und mehr.

Von den centralen Inseln zeigen die Vanua Levu zunächst gelegenen Taviuni oder Vuna, Ngamia, Lauthala und Goro nur unbedeutende Riffentwicklung, und treten bei ihnen die Riffe nur in der Form von Strandriffen auf. Dagegen sind alle übrigen Inseln Makonga, Wakaya, Nairai, Ngau, Moala, Toloia und Matuku von mehr oder weniger ausgedehnten Barrierrriffen umgeben. Die Riffe von Makonga und Wakaya, welche überhaupt die ausgedehntesten sind und die tiefsten Lagunen einschließen (bis 64 Meter), stehen durch einen Sporn mit einander in Verbindung. Die Tiefen in den übrigen Lagunen sind nicht sehr bedeutend und erreichen nur an wenigen Stellen 40 oder 45 Meter.

Zu bemerken ist weiterhin, dass an der nordwestlichen Seite von Viti Levu und ebenso an dem nächstbenachbarten Teil von Vanua Levu in der Umgebung der Sandelholzbai negative Bewegungen stattgefunden haben müssen, da hier Riffe, welche die Korallen (Asträen) in der Stellung, in der sie gewachsen, zeigen, 1—2 Meter über Niederwasser emporragen. Dass die kleine Insel Denham, die ganz aus Korallenkalk besteht, sich 3 Meter über Hochwasser erhebt, ist schon erwähnt. Außerdem finden sich einige isolierte Erhebungen von Koralleninseln zu größeren Höhen. Die Insel Vatu Lele südlich von Viti Levu besteht wesentlich aus Korallenkalk, der auf einer Seite bis zu 30 Meter Höhe

sich erhebt und hier auf einer Grundlage von vulkanischem Gestein ruht, dagegen scheint die andere Seite der Insel sich zu senken; und es ist von Wichtigkeit, dass sich an dieser Seite ein Barrierriff findet, während der gehobene Teil nur von einem Strandriff umgeben ist. Gehobene Koralleninseln in der Ostgruppe sind ferner Oneata, Tavuthá, Maia und Kambara, die beträchtliche Höhen erreichen. Die drei letzteren zeigen im Inneren Einsenkungen von 50—60 Meter Tiefe, sind also zweifellos gehobene Atolle.

Das Auftreten älterer Gesteine und namentlich altkrystallinischer auf Vanua und Viti Levu beweist mit ziemlicher Sicherheit, dass die Fidjiinseln nur die Trümmer eines einst größeren Festlandes sind, ähnlich wie die äußere Kette der Sundainseln. Die einzelnen Bruchstücke sind zur Tiefe gesunken, und nur wenige Reste des alten Festlandes sind als Horste stehen geblieben. Auf den Spalten aber sind mächtige vulkanische Massen heraufgedrungen und haben um dieselben neue Inseln gebildet. Wann der Zusammenbruch stattfand, ist gegenwärtig schwerlich auch nur annähernd anzugeben. Die Thatsache, dass die vulkanische Thätigkeit in der Inselgruppe nahezu völlig erloschen ist, spricht jedoch dafür, dass das Ereignis nicht den jüngsten Epochen der Erdgeschichte angehört. Es ist daher auch nicht erlaubt, aus der geologischen Entwicklungsgeschichte der Inseln Schlüsse auf etwa noch fortschreitende Senkungen zu ziehen.

Dass aber positive Bewegungen in dem Fidjiarchipel noch gegenwärtig sehr verbreitet sind, scheint mir aus anderen Thatsachen klar hervorzugehen. Insbesondere ist für die ganze östliche Gruppe und für den größten Teil der südlichen und centralen Inseln die Mitwirkung positiver Bewegungen bei der Bildung der Riffe zweifellos. Dafür sprechen in erster Linie die zahllosen hier vorhandenen Übergänge von Barrierriff zum Atoll in allen Stadien der Entwicklung, die klar beweisen, dass die Bildung der beiden Riffformen auf die gleiche Ursache zurückzuführen ist. Als eine solche kann aber nur eine Verschiebung der Strandlinie im positiven Sinne, mag sie nun auf einer Senkung des Festen oder einem Ansteigen des Meeres beruhen, angenommen werden. Dass Anhäufung von Sedimentmassen die Bildung der Riffe nicht erklärt, geht vor allem aus der großen Tiefe vieler der Lagunen hervor. Verschiedene der Barrierriffe zeigen ferner eine auffallende Übereinstimmung mit der Gestalt der benachbarten Inseln, so diejenigen von Nairai und Ngau und das Riff der Exploringinseln in Bezug auf Vanua Valavo. Das letztere Riff ist auch im Verhältnis zu der ziemlich kleinen Insel so ausgedehnt und so weit von demselben

entfernt, dass die Sedimentmassen, welche von derselben stammen, wohl schwerlich eine genügend mächtige Grundlage für dasselbe schaffen konnten. Es erstreckt sich dasselbe ferner von Vanua Valavo nach Osten, während die vorherrschenden Winde und Strömungen von Südost kommen, und man daher eher eine Anhäufung von Sediment an der West- oder Nordwestseite der Insel annehmen darf. Ein Vorherrschen der Barrierriffe an der Leeseite der Inseln ist hier überhaupt nirgends festzustellen. Einige Inseln haben Barrierriffe an der Luv-, Strandriffe an der Leeseite, bei anderen findet das umgekehrte statt (man vergl. in der Beziehung namentlich Ngaur, Wakaya und Makonga), bei den meisten aber sind Barrierriffe auf beiden Seiten vorhanden. Endlich spricht auch die sehr gleichmäßige Höhe der einzelnen Riffe sehr für die Bildung derselben unter Einwirkung positiver Bewegungen.

Diesen Thatsachen gegenüber haben die Einwände der Gegner geringes Gewicht. Die vereinzelt gehobenen Koralleninseln beweisen nichts. In einem vulkanischen Gebiete können örtliche Hebungen nicht auffallen, sie sind in sehr vielen vulkanischen Gebieten der Erde zu konstatieren. Die Mächtigkeit des Korallenkalks dieser Inseln und die Tiefe ihrer noch erhaltenen Lagunen aber beweisen gerade, dass sie vor ihrer Hebung an der positiven Bewegung teilgenommen haben. Außerdem wissen wir nichts über das Alter dieser Inseln; sie können sehr wohl, wie wahrscheinlich manche der gehobenen Riffe der Südsee, der tertiären Zeit angehören. Ebensowenig kann es überraschen, dass Vuna, Goro und einige andere der centralen Inseln keine Barrierriffe und überhaupt nur eine sehr geringe Riffentwicklung aufweisen, da sie der Insel Vanua Levu sehr nahe liegen, welche wahrscheinlich an der positiven Bewegung nicht mehr teilnimmt und vielleicht nie teilgenommen hat. Dagegen finden positive Bewegungen in der Gruppe südlich von Viti Levu zweifellos statt und zwar scheint, wie schon oben angegeben, die positive Bewegung hier von Süden nach Norden zuzunehmen.

So sicher nun für den östlichen und südlichen Teil des Fidjiarchipels das Bestehen von positiven Bewegungen nachzuweisen ist, so unsicher steht es mit der nordwestlichen Gruppe. Für eine positive Bewegung spricht das Vorhandensein des großen Barrierriffs, gegen dieselbe die geringe Tiefe auf dem von ihm eingeschlossenen unterseeischen Plateau und die negativen Spuren auf Vanua und Viti Levu. Auch das vollständige Fehlen eines Barrierriffs auf der Südseite der letzteren Insel wird von Einzelnen als Beweis dafür angesehen, dass dieselbe an einer positiven Bewegung nicht teilgenommen. Dies

letztere kann ich allerdings nicht zugeben. Die größeren Flüsse Viti Levu münden alle im Süden und Südosten; trotz ihres verhältnismäßig kurzen Laufes gleichen sie großen kontinentalen Strömen und führen sehr erhebliche Schlammmassen mit sich, die zum Teil den Anlass zu ausgedehnten Deltabildungen gegeben haben. Diese konnten sehr wohl die Ursache sein, dass es an diesen Küsten nicht zu einer ausgedehnten Riffbildung kam.

Andererseits möchte ich mich auch nicht unbedingt der Ansicht Dana's anschließen, dass einer ursprünglichen Senkung, welcher das Barrierriff seine Entstehung verdankte, neuerdings eine geringe Hebung gefolgt sei. Es muss vielmehr die Möglichkeit zugestanden werden, dass das Barrierriff auch ohne positive Bewegung entstanden sein könne. Die Richtung der vorherrschenden Winde und Strömungen musste eine Anhäufung von Sedimentmassen zwischen Vanua und Viti Levu und westlich davon begünstigen, umsomehr, als die vorliegenden Asauainseln der Wegführung derselben weiter nach Westen ein Hindernis in den Weg legten, und es ist daher keineswegs ausgeschlossen, dass diese Sedimentmassen die Grundlage für das Riff bildeten. Ein sicherer Beweis für einstige positive Bewegungen im Gebiet der nordwestlichen Fidjiinseln ist jedenfalls bisher noch nicht erbracht, ebensowenig allerdings auch ein Beweis für das Gegenteil. Nur so viel dürfte feststehen, dass positive Bewegungen in der Gegenwart dort nicht mehr stattfinden.

Dass die Annahme positiver Bewegungen im Osten und Süden, negativer im Nordwesten nichts widersinniges hat, zeigen die Verhältnisse in den oben beschriebenen Inselgruppen. Die Verhältnisse der Fidjiinseln stehen daher mit den Anschauungen Darwin's und Dana's keineswegs in Widerspruch; der Zustand der östlichen Riffe ist vielmehr ein ausgezeichneter Beweis für die Richtigkeit derselben.

IV. Abschnitt.

Die Korallenriffe früherer geologischer Perioden.

Einwand von Rein und v. Fritsch gegen die Darwin'sche Theorie, abgeleitet aus der Mächtigkeit älterer Korallenriffe. Die Rifffkorallen lebten in früheren geologischen Perioden in ähnlichen Tiefen, wie gegenwärtig. Veränderungen in der Struktur vieler Riffe. Die Wenlockkalke des Silur. Dupont's Atolle von Roly und Philippeville. Devonische Riffe im Harz. In Nordspanien. In den Ostalpen. Die Hauptentwicklung der devonischen Riffe Europas fällt in eine Periode allgemeiner positiver Bewegungen. Die Zechsteinriffe Thüringens. Die triassischen Riffe der Ostalpen. Untersuchungen des Frh. v. Richthofen. Gümbel's Einwände gegen v. Richthofen's Auffassung der Riffe. Untersuchungen von E. v. Mojsisovicz. Verbreitung der alpinen Triasriffe. Dieselben bildeten sich in einer Senkungsperiode. Die jurassischen Riffe. In Norddeutschland. In England. In Schwaben und der Schweiz. In Frankreich. Die Hauptentwicklung der Jurariffe fällt in die Zeit der großen oberjurassischen Transgression. Riffe der Kreideformation. Tertiäre Korallenriffe. Riffe auf Cuba und Jamaika. Riffe auf den Philippinen. Das Atoll von Benguet. Mächtigkeit jung erhobener Riffe. Die Mächtigkeit der Riffe früherer Zeitalter stimmt sehr wohl mit derjenigen überein, welche Darwin und Dana für moderne Riffe annehmen. Die Haupttriffentwicklung fällt stets mit positiven Phasen zusammen.

Die Korallenriffe früherer geologischer Perioden sind bisher nur wenig zum Vergleich mit denjenigen der Gegenwart und zur Beurteilung der Entstehungsweise moderner Riffe herangezogen worden. Professor Rein hat allerdings nach Angaben von Professor v. Fritsch die Behauptung aufgestellt und der Letztere hat sie später in seiner »Allgemeinen Geologie« wiederholt, dass die Mächtigkeit früherer Korallenriffe nirgends so groß sei, wie die Darwin'sche Theorie sie für die modernen Riffe voraussetze, und beide Forscher sehen in dieser angeblichen Thatsache einen weiteren Grund für die Verwerfung dieser Theorie. Diesen gegen die Darwin'sche Theorie erhobenen Einwand zu entkräften, ist der nächste Zweck des vorliegenden Kapitels. Ich werde aber in demselben gleichzeitig nachzuweisen versuchen, dass in früheren geologischen Perioden wiederholt mächtige Korallenriffe unter

wesentlicher Mitwirkung positiver Bewegungen sich gebildet haben. Der Nachweis dieser Thatsache gestattet dann wohl auch einen Analogieschluss auf die Verhältnisse der Gegenwart.

Ehe ich aber auf die Besprechung der Riffformationen früherer geologischer Perioden eingehe, muss ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Es ist von verschiedenen Forschern und von Dana selbst die Ansicht ausgesprochen worden, dass die Riffe früherer Perioden keine Schlüsse auf diejenigen der Gegenwart zuließen, weil die Verhältnisse und insbesondere die Meerestiefen, in welchen die Riffkorallen der Vorzeit gelebt haben, wesentlich andere gewesen sein könnten, als die der Gegenwart. Dem gegenüber möchte ich auf Anschauungen verweisen, welche Th. Fuchs in seiner grundlegenden Arbeit »Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten?« (Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beil. Bd. II. 1882) entwickelt hat und welche die ungeteilte Zustimmung der weitaus meisten Geologen und namentlich aller derer, welche sich mit der Unterscheidung der verschiedenen Facies eingehend beschäftigt, gefunden haben. Th. Fuchs hat in derselben den Nachweis geführt, dass die Grenze zwischen Litoral- und Tiefseezone nicht sowohl durch die Temperatur, als durch die Lichtverhältnisse bedingt ist, und dass wir, weil das Verhältnis des Meerwassers zum Licht augenscheinlich zu allen Zeiten ein ähnliches war, daher berechtigt sind, für die früheren geologischen Perioden eine ähnliche bathymetrische Verteilung der Organismen vorauszusetzen, wie wir sie in den heutigen Meeren finden.

Die Riffkorallen der mesozoischen Zeit und noch mehr diejenigen der tertiären Zeit sind nun aber den noch lebenden so nahe verwandt, dass wir wohl mit Recht annehmen dürfen, dass sie unter ähnlichen Verhältnissen und namentlich in ähnlichen Tiefen lebten. Gehören sie doch größtenteils denselben Familien, vielfach denselben Gattungen an, wie die noch lebenden. Dazu kommt der Umstand, dass der Gegensatz in der bathymetrischen Verteilung zwischen Riffkorallen und Einzelkorallen schon in jenen Perioden scharf hervortritt. Die letzteren finden sich ausschließlich in ausgesprochenen Tiefseebildungen, wie den verschiedenen Ammonitenthonen und Ammonitenkalken, während die Fauna der Riffformationen eine ausgesprochen litorale ist.

Die Riffkorallen der paläozoischen Zeit zeigen freilich schon einen sehr abweichenden Habitus von denen der Gegenwart, aber wichtige Thatsachen sprechen dafür, dass auch sie in ähnlichen Tiefen lebten, wie die rezenten Formen. Im mittleren und oberen Devon lassen sich nach Frech (»Die Korallenfauna des Oberdevon in Deutschland«. D.

G. G. Bd. XXXVII. 1885) im mittleren Europa zwei Facies deutlich unterscheiden. Die eine wird durch große Häufigkeit der Brachiopoden und massenhaftes Auftreten der Korallen bezeichnet, während in der anderen die Cephalopoden an Zahl und Mannigfaltigkeit alle übrigen Abteilungen des Thierreichs übertreffen. Die letztere charakterisiert sich dadurch als echte Tiefseebildung, und das findet sich weiterhin auch noch dadurch bestätigt, dass in ihr einzelne Korallen, wie die Gattungen *Amplexus*, *Petraea* und *Cladochomus* vorkommen, die in ihrem Habitus an jetzt noch lebende Tiefseekorallen, wie *Oculina* und *Caryophyllea* erinnern. Alle riffbildenden Arten dagegen sind auf die erste Facies beschränkt. Daraus können wir mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass dieselben schon in jener Zeit nur in geringen Tiefen gediehen, der eigentlichen Tiefsee aber fremd waren. In anderen Horizonten der paläozoischen Schichtenreihe und namentlich fast im ganzen Silur finden sich allerdings die Riffkorallen häufig mit Cephalopoden vergesellschaftet, es sind das aber jene großen und schweren Orthoceratiten und Goniatiten, welche nach der Auffassung von Th. Fuchs und Anderen entschieden ausgesprochene Bewohner der Küstenregionen waren.

Wenn nun natürlich auch nicht behauptet werden soll, dass die Riffkorallen in früheren Perioden genau in den gleichen Tiefen gelebt haben, wie in der Gegenwart, so scheint mir doch soviel zweifellos festzustehen, dass sie in großen Tiefen zu keiner Zeit gedeihen konnten und dass daher Riffe von bedeutender Mächtigkeit auch in früheren Perioden nur unter Mitwirkung einer positiven Bewegung entstanden sein können.

Weiter aber möge hier noch vorab die Bemerkung Platz finden, dass, wenn es sich um die Bestimmung der Mächtigkeit von Korallenbildungen handelt, für uns eigentlich nur solche in Betracht kommen können, die noch von anderen Schichten überlagert und so vor Verwitterung und Abrasion geschützt sind. In anderen Fällen kann die vorgefundene Mächtigkeit uns nur das Minimum der Mächtigkeit des ursprünglichen Riffs angeben, die in Wirklichkeit außerordentlich viel größer gewesen sein kann. Sodann müssen wir mit der durch zahlreiche Untersuchungen und namentlich auch diejenigen Dana's festgestellten Thatsache rechnen, dass die ursprüngliche Struktur der Korallenriffe oft sehr weitgehende Veränderungen erleidet. Dieselben werden hervorgerufen durch die Wirkung der im Meerwasser enthaltenen Kohlensäure, welche den Kalk in den oberen Partien des Riffs auflöst und ihn in den tieferen Lagen in krystallinischer Form wieder

ablagert. Dadurch aber werden ausgedehnte Teile des Riffs oft vollständig in homogenes krystallinisches Kalkgestein verwandelt, das in nichts mehr seinen korallinen Ursprung verrät. Wir müssen daher, wie das übrigens auch v. Fritsch zugesteht, den Korallenriffen auch diejenigen benachbarten Kalkablagerungen zurechnen, welche sich nicht durch deutliche Schichtung, durch stärkeren Thongehalt oder durch ihre Versteinerungen deutlich als andere Bildungen charakterisieren. Endlich aber müssen wir noch folgendes beachten. Es erscheinen allerdings die Riffe im allgemeinen als massige durchaus ungeschichtete Kalkbildungen. Indessen findet sich doch zuweilen eine an Schichtung erinnernde platten- oder tafelförmige Absonderung, die vielleicht in einer zeitweiligen Unterbrechung im Wachstum des Riffes ihre Ursache hat. Auch stehen geschichtete Kalkbildungen mit den Riffen stets im engsten ursächlichen Zusammenhang. Es sind das nicht nur die Ablagerungen der Lagune, sondern auch die Sandablagerungen, welche durch die Thätigkeit der Meereswogen an der Außenseite der Riffe gebildet werden.

Ich werde nun im folgenden versuchen, einen Überblick über die wichtigsten Korallenriffe früherer geologischer Perioden zu geben, werde mich dabei allerdings wesentlich auf Europa beschränken, für welches die zahlreichsten und zusammenhängendsten Berichte vorliegen, und auch hier nur das für uns wichtigste hervorheben. Nur für die tertiären Riffe werde ich über diese Grenze hinausgehen, da Riffbildungen aus dieser Periode in Europa selten sind, dagegen tertiäre Korallenriffe in außereuropäischen Ländern, namentlich Westindien und verschiedenen Inselgruppen des Stillen Ozeans eine ausgedehnte Verbreitung besitzen. Die Betrachtung dieser Riffe ist für uns von um so größerer Bedeutung, als sie örtlich wie zeitlich den Korallenriffen der Gegenwart am nächsten liegen und zum Teil mit ihnen noch in direktem Zusammenhang stehen.

Ich beginne mit der paläozoischen Formationsreihe. Die Korallenkalke der silurischen und devonischen Formation treten häufig, in einzelnen Gliedern derselben sogar vorzugsweise in der Form breiter lagerförmiger Decken auf, welche auf oder zwischen den anderen Formationsgliedern liegen, also in einer Gestalt, welche von der der heutigen Riffe wesentlich abweicht. Am ersten lassen sich diese Bildungen wohl mit den flachen Korallenbänken vergleichen, wie wir sie in der Gegenwart in den Abrolhos, dem Persischen Meerbusen und anderen Stellen vor uns haben. Indessen fehlt es auch an echten Riffen in diesen Perioden nicht. Schon im Silur treten solche in den Wenlock-

Schichten Englands auf. Der »Wenlock-limestone« ist ein echter Riffkalk, der fast ganz aus massigen Korallen aufgebaut ist und stockförmige Massen im oberen Teil der »Wenlock-shales« bildet, deren Mächtigkeit zuweilen 90 Meter beträgt, meist allerdings weit geringer ist. »Dieser ,Wenlock-limestone‘ verhält sich zu den »Wenlock-shales« in jeder Beziehung genau in derselben Weise, wie die triassischen Riffkalke zu den gleichzeitigen Mergel- und Schieferbildungen« (Th. Fuchs a. a. O. S. 566).

Weit größere Verbreitung als im Silur haben echte Korallenriffe im Devon. Wir müssen da zunächst einer Arbeit des belgischen Geologen Dupont Erwähnung thun (Bulletin du Musée d'histoire naturelle de Belgique t. X. 1882), in welcher derselbe den Versuch gemacht hat, aus den Korallenablagerungen des belgischen Devon den modernen analoge Riffbildungen zu rekonstruieren. Er glaubte nämlich dort nicht nur das Vorhandensein ausgedehnter Barrierriffe, sondern auch zweier Atolle, die er mit den Namen der Atolle von Roly und Philippeville belegte, konstatieren zu können. Gegen diese Auffassung ist nun allerdings von Kaiser (Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Bd. II. 1883. S. 76, 77) auf das entschiedenste Einspruch erhoben worden. Kaiser weist darauf hin, dass die Schichten des belgischen Devon so außerordentlich gestörte sind, dass es überhaupt kaum möglich erscheint, die Bedingungen der Ablagerung der einzelnen Schichten nachzuweisen. Auch zeigen nach ihm jene belgischen Korallenvorkommnisse keineswegs Lagerungsverhältnisse, die an moderne Riffbildungen erinnern. Wären sie in der That Riffe gewesen, so müssten die mit dem Riff gleichzeitig entstandenen heteropischen Schichten gegen sie unter einem erheblichen Winkel abstoßen, während jene devonischen Korallenkalke lagerförmig in oder auf den Schiefern liegen. Auch erschiene es unglaublich, dass in einem Gebirge, welches einer so ausgedehnten Abrasion ausgesetzt war, sich Ablagerungen der obersten Meereszone, wie die Absätze der Lagune und der äußeren Brandungsterrasse, die Dupont glaubt nachweisen zu können, sich erhalten haben. Die Rekonstruktionen Dupont's erscheinen ja in der That etwas gewagt, ob sie aber so gänzlich den Thatsachen widersprechend sind, wie Kaiser meint, ist mir doch zweifelhaft. Ablagerungen selbst der obersten Meereszone können, wenn sie eingefaltet sind, sehr wohl selbst vor einer sehr ausgedehnten Abrasion bewahrt bleiben. Auch scheinen nach Dupont's Schilderung die Lagerungsverhältnisse jener Korallenkalke doch etwas andere zu sein, als Kaiser sie darstellt.

Am Harz treten ferner Korallenriffe an mehreren Punkten und zum Teil mit bedeutender Mächtigkeit auf; sie gehören den untersten Schichten des Oberdevon an. Das bedeutendste derselben ist der durch seinen Versteinerungsreichtum berühmte Iberg nebst dem Winterberg bei Grund. Der denselben zusammensetzende Kalkstein ist von blaugrauer, gelblicher oder weißer Färbung, dicht oder krystallinisch körnig, zeigt keine Schichtung und fällt steil ab; stellenweise besitzt er einen außerordentlichen Reichtum an Korallen und Brachiopoden. Seine Mächtigkeit beträgt 120—150 Meter. Dass wir es hier mit einem echten Riff zu thun haben, geht aus der ganzen Beschaffenheit des Gesteins deutlich hervor und findet weiterhin auch darin Bestätigung, dass die den Iberger Kalk überlagernden Schichten des Kulms ihn nicht mantelförmig umhüllen, sondern vielfach im Streichen an ihm abschneiden. Es musste also der Iberg bereits als eine isolierte riff-förmige Masse in dem Meere aufragen, in welchem die Kulmgrauwacken zur Ablagerung gelangten (vergl. v. Groddeck, »Abriss der Geognosie des Harzes« 1871. S. 90—92).

Nach einer Bemerkung von Frech sollen auch bei Konieprus in Böhmen Korallenriffe vorhanden sein, welche mit dem des Ibergs gleichalterig sind. Ferner hat in neuerer Zeit Barrois (»Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice« 1882) in Asturien oberdevonische Korallenriffe nachgewiesen. Dieselben sind namentlich in der Umgebung von Candas sehr entwickelt und besitzen dort eine durchschnittliche Mächtigkeit von 100 Meter. Teilweise bestehen diese Riffe aus dichtem krystallinischem, versteinerungsarmem Kalk; andere Teile desselben sind dagegen sehr reich an wohlerhaltenen Korallen und Brachiopoden. Diese Versteinerungen zeigen große Übereinstimmung mit denen des Ibergs, sodass man wohl auch den »Calcaire de Candas« als gleichalterig mit dem Iberger Kalk ansehen darf.

Die ausgedehntesten und mächtigsten Riffe der Devonzeit aber finden sich in den Ostalpen. Stache (»Über die Silurbildungen der Ostalpen, nebst Bemerkungen über die Devon-, Karbon- und Perm-schichten dieses Gebiets«. D. G. G. Bd. XXXVI. 1884) hat zuerst die Aufmerksamkeit der Geologen auf sie gelenkt. Derselbe nahm für einige dieser Riffe silurisches Alter an, während er andere dem unteren und mittleren Devon zurechnete. In neuester Zeit haben Penecke und Frech die betreffenden Bildungen noch einmal eingehend untersucht und das devonische Alter sämtlicher Riffe festgestellt (Penecke, »Über die Fauna und das Alter einiger paläozoischer Korallriffe«.

D. G. G. Bd. XXXIX. 1887. S. 267—277; Frech, »Über das Devon der Ostalpen, nebst Bemerkungen über das Silur«. Ebendas. S. 659 bis 739).

Was die Verbreitung dieser devonischen Korallenkalke der Ostalpen betrifft, so lassen sich dieselben in vier Hauptgruppen zusammenfassen, die Steirischen, West-Karnischen, Ost-Karnischen und diejenigen der östlichen Karawanken. Von diesen sind diejenigen in der näheren Umgebung von Graz, z. B. am Plawutschgipfel, deutlich geschichtet, also wohl kaum eigentliche Riffe. Dagegen treten sie an allen anderen Lokalitäten als massige Gesteine und in Lagerungsverhältnissen auf, die ihre Natur als echte Korallenriffe auf das deutlichste erkennen lassen. Geschichtete Kalkmassen stehen indessen mit ihnen in engster Verbindung, die teilweise wohl als Lagunenbildungen zu betrachten, andernteils aber durch die Anhäufungen von Kalksanden zu erklären sind, welche durch den Anprall der Wogen an den Böschungen der Riffe gebildet wurden. Die Korallenstruktur ist in der Hauptmasse der Riffkalke zerstört, doch hat sie sich in ausgedehnten Teilen noch soweit erhalten, dass Artbestimmungen und dadurch auch die Bestimmung des Alters der Riffe möglich wurden.

Was das letztere betrifft, so gehören die Korallenkalke von Steiermark, sowohl die geschichteten in der Umgebung von Graz, als auch die eigentlichen Riffkalke des Hochlantsch und der Teichalpe dem mittleren Devon an. In den Ost-Karawanken finden sich zwei mächtige Riffe, das Rapold- und Pasterkriff, von etwas verschiedenem Alter. Das letztere führt in seinen untersten Lagen Versteinerungen, welche noch dem jüngeren Unterdevon angehören, und reicht nach oben bis in das obere Mitteldevon hinein. Das Rapoldriff dagegen beginnt erst im oberen Mitteldevon, seine oberen Teile dagegen sind ihren Versteinerungen nach durchaus identisch mit dem Iberger Kalk, gehören also dem unteren Oberdevon an. In Ost-Kärnten haben wir einen langen zusammenhängenden Riffzug, der am Osternig beginnend nach Westen über den Lansattel fortsetzt und den langen Kalkzug des Sargan, sowie den nördlich vorgelegenen des Starhand bildet. Dieser Riffzug gehört wieder ausschließlich dem Mitteldevon an. Die größte Entwicklung besitzen die Riffe in West-Kärnten, wo sie zum Teil eine Mächtigkeit von 700 Metern erreichen, und an einzelnen Örtlichkeiten, wie dem Kollinkofel und Seeberg, das ganze Devon mit Ausnahme der obersten und untersten Schichten umfassen. Ihre Hauptentwicklung fällt aber auch hier in das Mitteldevon, das hier fast ausschließlich durch Riffkalke dargestellt wird, gegen welche die durch

Phyllite und Thonschiefer repräsentierte Cephalopodenfacies außerordentlich zurücktritt.

Wie wir gesehen haben, fällt die Hauptentwicklung der paläozoischen Korallenkalke in das Mittel- und untere Oberdevon und namentlich gehören fast alle echten Riffe diesen Horizonten an. Die einzelnen Korallenvorkommnisse des obersten Devon machen nach Frech den Eindruck, als wenn nach der reichen Entwicklung in den vorhergehenden Zeiten sich einzelne Korallenstöcke unter ungünstigeren Lebensbedingungen noch weiter erhalten hätten. Nun hat Sueß (*»Antlitz der Erde«* Bd. II. Abschn. V) nachgewiesen, dass während eines großen Teils des devonischen Zeitalters eine allgemeine positive Bewegung in ganz Europa, ebenso wie in Nord-Amerika stattfand. Diese Bewegung erreichte im Mitteldevon ihr Maximum, wo sie sich durch eine ausgedehnte Transgression bemerklich macht. Am Ende der Devonzeit dagegen tritt wieder ein Rückzug des Meeres, also eine negative Phase ein. Es ist nun jedenfalls eine außerordentlich interessante und für unsere Frage besonders wichtige Thatsache, dass das Maximum der positiven Bewegung in so auffallender Weise mit dem Maximum der Entwicklung der Korallenriffe zusammenfällt, eine Erscheinung, der wir im Laufe unserer Betrachtung noch mehrfach begegnen werden. In dem für uns wichtigsten Gebiete der Ostalpen ist die positive Bewegung noch in besonderem Maße sicher gestellt. Das Devon von Steiermark und Kärnten zeigt nämlich bis in das untere Oberdevon hinauf so typische Verschiedenheiten auch in den gleichen Facies, dass dieselben nur durch die Annahme erklärt werden können, dass die Ablagerungen in Meeresteilen stattfanden, welche durch eine Landschranke getrennt waren. In den Ablagerungen des obersten Devon, den Clymenienkalken, sind diese Unterschiede aber verschwunden. Es muss also die Landschranke im Lauf der vorhergehenden Zeit durchbrochen, das Land ganz oder wenigstens teilweise unter das Meer hinabgetaucht sein (Frech, *D. G. G.* Bd. XXXIX. S. 723).

Im Karbon und Perm tritt die Entwicklung der Korallenkalke gegen das Devon sehr zurück, nur im Kohlenkalk treten sie noch in reicher Entwicklung auf, doch scheinen auch hier echte Riffe von größerer Mächtigkeit zu großen Seltenheiten zu gehören. Es hängt das wohl mit dem Umstande zusammen, dass während dieser ganzen langen Perioden auf der nördlichen Halbkugel trotz mancher Schwankungen die negative Bewegung die vorherrschende war, durch welche ausgedehnte, während der Silur- und Devonzeit vom Meere bedeckte Gebiete von diesen entblößt wurden.

Die einzigen mir aus dieser ganzen Periode aus Europa bekannten Riffe sind die von Liebe (Bronn und Leonhardt's Jahrb. für Mineralogie 1853 und D. G. G. Bd. IX. 1857) von zwei thüringer Lokaltäten, dem Orlathal und Köstritz, beschriebenen Riffe der Zechsteinformation. In beiden Fällen ist das Riffgestein ein dolomitischer Kalk (Analysen des Riffgesteins des Orlathals ergaben 67,13 % Kalkkarbonat, 25,06 % Magnesiakarbonat, 7,81 % Thonerde), ist völlig ungeschichtet, zum Teil stark zerklüftet und durchsetzt die sämtlichen übrigen Schichten der Zechsteinformation, die an ihm unter erheblichem Winkel abstoßen, wie die von Liebe gegebenen Profile deutlich zeigen. In ihm finden sich Korallen und Bryozoen außerordentlich zahlreich, doch gehören die ersteren nicht den Gruppen an, welche jetzt vorzugsweise als Riffbildner auftreten, sondern sind fast ausschließlich Hornkorallen, Verwandte der Gorgoniden. Diesem Umstande schreibt Liebe auch den hohen Magnesiagehalt des Riffgesteins zu, da vergleichende Analysen einer *Gorgonia*, einer Bryozoö (*Flustra foliacea*) und einer *Madrepora* zeigten, dass die beiden ersteren einen sehr viel bedeutenderen Prozentsatz von Magnesiakarbonat enthalten, als die letztere. Jedenfalls haben wir es aber hier mit echten Riffen zu thun, die den Bildungen der Gegenwart durchaus analog sind. Das Riff des Orlathals zieht sich in einer durchschnittlichen Entfernung von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde nördlich von der Südküste des damaligen Kontinents hin und eine ähnliche Lage haben die mehr vereinzelt Riffe bei Köstritz. Sie sind also Strandriffe und besitzen dementsprechend keine große Mächtigkeit. Aus diesem Grunde sowohl, als auch wegen ihrer von unseren modernen Riffen ziemlich abweichenden Zusammensetzung kommen dieselben daher für die uns beschäftigende Frage kaum in Betracht. Wir schließen mit ihnen die Betrachtung der paläozoischen Zeit und wenden uns den mesozoischen Formationsgruppen zu.

Von allen jüngeren Formationen ist keine für uns von größerer Wichtigkeit, als die Triasformation, in welcher die Korallenriffe eine Mächtigkeit erlangen, wie in keiner anderen. Merkwürdigerweise galt die Trias bis vor nicht allzulanger Zeit als sehr korallenarm. Erst den Forschungen des Freiherrn von Richthofen gelang es, ausgedehnte Korallenriffe in der Trias der Südalpen nachzuweisen (v. Richthofen, »Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, St. Cassian und der Seißer Alpe in Südtirol« 1861).

Die eigentümlichen Dolomitberge Südtirols haben schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gelenkt und sind der Gegenstand zahlreicher Hypothesen geworden. Diese Dolomite sind isolierte

Felsmassen von oft mehr als 1000 Meter Mächtigkeit, welche nach allen Seiten schroff abfallend sich zwischen den Schichten der oberen Trias erheben, die mächtigen Bergmassen des Schlern, Langkofels, Rosengarten, Pordoi u. a. fast ausschließlich zusammensetzend. Sie zeigen einen hohen Prozentsatz von Magnesiakarbonat, sind ganz krystallinisch, drusig, rein weiß und von rauher Oberfläche. Eine Schichtung fehlt ihnen gänzlich, doch zeigt sich an einigen Stellen eine Absonderung in breite Bänke. Versteinerungen gehören in ihnen zu großen Seltenheiten und die wenigen Reste (globöse Ammoniten, Korallen, Kalkalgen, einzelne Gasteropoden) sind so schlecht erhalten, dass eine nähere Bestimmung meist unmöglich ist.

L. v. Buch glaubte diese Eigentümlichkeiten der chemischen Zusammensetzung, der petrographischen Beschaffenheit und der Lagerungsverhältnisse durch die Annahme erklären zu können, dass die Dolomite durch die Ausbrüche der Augitporphyre, welche die Dolomitstöcke an einzelnen Stellen gangförmig durchsetzen, und deren Tuffe in der Umgebung derselben eine große Verbreitung haben, aus der Tiefe erhoben worden seien, und dass durch die bei den Ausbrüchen sich entwickelnden Magnesiadämpfe die Umwandlung des Kalks in Dolomit sich vollzogen habe. Nachdem aber einerseits nachgewiesen war, dass die Dolomite auf ungestörten Tuffen und Sedimentgesteinen ruhen, andererseits auch die Unmöglichkeit jenes chemischen Vorganges sich ergeben hatte, wurde diese Hypothese hinfällig, aber nicht glücklicher waren alle die anderen, welche später an ihre Stelle gesetzt wurden. Freiherr v. Richthofen nun glaubte in diesen Dolomiten alte Korallenriffe zu erkennen und war in der That im stande, durch diese neue Theorie alle jene Eigentümlichkeiten zu erklären.

Zu der Annahme, dass die Dolomite der Thätigkeit riffbauender Korallen ihre Entstehung verdanken, wurde er in erster Linie durch die eigentümliche Struktur des Gesteins geführt. »Dasselbe besteht vielfach nur aus den drusigen Wandungen mannigfacher Hohlräume, die sich in einander verzweigen und verbinden und stets mit denselben Krystallen ausgekleidet sind, welche das ganze Gestein selbst bilden. Sehr eigentümlich ist ferner der Erhaltungszustand der wenigen versteinerten Ammoniten, welche sich in ihm finden. Von ihrer Schale ist nichts mehr zu erkennen, sondern man sieht nur mitten im Gestein eine Reihe spiralig angeordneter, mit Dolomitkrystallen ausgekleideter Kammern, deren Scheidewände eine Fortsetzung der allgemeinen Gesteinsmasse sind. Sowie hier an Stelle des reinen Kalkkarbonats

Dolomit getreten ist, hat dies wahrscheinlich auch in dem übrigen Gestein stattgefunden. Diese Strukturverhältnisse berechtigen zu dem Schluss, dass das Gestein seine drusige Struktur nicht erst durch Fortführung leichter löslichen Gesteinsmaterials erhielt, sondern dieselbe schon von vorne herein besaß; dass das Gestein ferner große chemische und mechanische Umwandlungen erlitt, welche zur Ausfüllung der Hohlräume mit Dolomitkrystallen führten. Besaß das Gestein aber von Anfang an jene vielverzweigten Höhlungen, so konnte es nur der Thätigkeit riffbauender Korallen oder verwandter Formen seine Entstehung verdanken.

Die Beschaffenheit der modernen Riffgesteine zeigt durchaus analoge Verhältnisse. Darwin, Dana und alle übrigen Besucher der Korallengebiete der Gegenwart schildern uns übereinstimmend, wie die Riffgesteine nur in ihren obersten, meist nicht sehr mächtigen Lagen ihre ursprüngliche koralline Struktur bewahren, die unteren Schichten dagegen durch Ablagerung des in den oberen Schichten gelösten Kalkkarbonats in einen festen, homogenen, vielfach durchaus krystallinischen Kalkstein verwandelt werden, der durch nichts mehr an seinen Ursprung erinnert. Tierreste sind darin sehr selten; ja es wird außergewöhnliche Versteinerungsarmut geradezu von Dana (*»Coral Islands«* p. 352) als ein charakteristisches Merkmal des Rifffelsens selbst in seinen oberen Lagen angeführt. Dass dies homogene Gestein wohl niemals ganz reines Kalkkarbonat ist, erhellt ferner wohl schon aus dem Umstand, dass alle riffbauenden Korallen einen gewissen Prozentsatz von Magnesiakarbonat in ihren Skeletten enthalten. Dass aber eine wirkliche Dolomitisierung des Rifffelsens auch heutigen Tages vorkommt, beweist die gehobene Koralleninsel Metia im Paumotuarchipel, die größtenteils aus echtem Dolomit mit nicht weniger als 39 Prozent Magnesiakarbonat besteht. Wie dieser Vorgang zu erklären ist, steht allerdings noch nicht fest, für uns kommt es aber auch zunächst auf die Feststellung der Thatsache selbst an. Dass das Vorkommen von Dolomit auf Metia ein ganz vereinzelt sein sollte, ist kaum anzunehmen. Chemische Analysen von Riffgesteinen besitzen wir freilich noch in sehr geringer Zahl, aber die petrographische Beschaffenheit vieler derselben, ihre Härte, ihr splitteriger Bruch und das Klingen unter dem Hammer weisen mehr auf Dolomit, als auf körnigen Kalk hin. Dass daher in jenen alpinen Gebieten zur Triaszeit eine Umwandlung ausgedehnter Riffe in Dolomit vor sich gegangen sei, erscheint um so wahrscheinlicher, als in dem Meere, in welchem sich dieselben aufbauten, Augitporphyre in großen Mengen zur Ablagerung gelangten

und daher lösliche Magnesiaverbindungen in dem Meerwasser reichlich vorhanden sein mussten. Dass an den Hartteilen der Korallen unter solchen Bedingungen der Prozentsatz an Magnesiakarbonat ein größerer war, als gewöhnlich, darf man daher wohl mit Recht voraussetzen. Die Dolomitisierung der Zechsteinriffe Thüringens dürfte, wenn auch die Zusammensetzung derselben eine andere ist, dennoch zur Bekräftigung dieser Ansicht dienen. Auch werden wir weiter unten noch sehen, dass auch in den jüngeren Formationen der Dolomit in den Korallenriffen nicht selten eine hervorragende Rolle spielt.

Wenn so die chemische und petrographische Beschaffenheit der Südtiroler Dolomite durch die Annahme ihrer Entstehung durch die Thätigkeit riffbauender Korallen eine durchaus befriedigende Erklärung findet, so sprechen andererseits auch ihre Lagerungsverhältnisse durchaus für die Richtigkeit dieser Hypothese. Dieselben zeigen auf das deutlichste, dass die Riffe nicht etwa bloß die Reste einer einst ausgedehnteren Formation sind, die früher einen umfangreicheren Teil Südtirols bedeckt hätte und durch Denudation bis auf ihre jetzige Ausdehnung entfernt wäre, vergleichbar den Sandsteinfelsen der Sächsischen Schweiz. Sie sind durchaus örtliche Bildungen, die sich isoliert aus den gleichalterigen Sedimenten erheben, welche ihrerseits unter erheblichem Winkel gegen sie abstoßen. Sie zeigen ferner die Eigentümlichkeit, dass ihre Mächtigkeit an sehr benachbarten Lokalitäten eine außerordentlich verschiedene ist. Die Dolomitmasse des Schlern zeigt eine Mächtigkeit von 900 Metern, die des Pordoi von nur 600 Metern, dagegen ist der Dolomit des Langkofels 1200—1500 Meter mächtig. An der Nuda degli tre Sassi endlich bilden die Dolomite nur 30—40 Meter starke Bänke zwischen den Tuffmassen und den Raibler Schichten. Diese Verschiedenheit der Mächtigkeit kann aber auch nicht in der wechselnden Wirkung der Erosion begründet sein, da die Dolomite des Schlern und Pordoi noch von jüngeren Sedimenten der Triasformation bedeckt sind, also niemals eine größere Mächtigkeit besaßen, während umgekehrt der Langkofel frei von jüngeren Sedimenten ist. Am meisten aber fällt vielleicht der Umstand ins Gewicht, dass dieselben Schichten, welche den Gipfel des Schlern und Pordoi bilden, um mehrere hundert Meter tiefer an ihrem Fuße sich wiederfinden, obgleich keine Verwerfung die beiden Ablagerungsstellen trennt.

v. Richthofen betrachtete übrigens auch die geschichteten Dolomite der Vedretta Marmolata, des Sesso Vernale, des Monte Rocca und anderer Lokalitäten als Korallenriffbildungen wegen des isolierten riffartigen Aufsteigens der mächtigen, schroffen Bergmassen und der gleichzeitigen

Ablagerung anderer Sedimente in den Zwischenräumen. Er glaubte aber in ihnen alte Barrierriffe erblicken zu müssen, welche die hohen Inseln des Monte Bocche, des Lavacé und das größere Festland der Cima d'Asta umsäumten, während er die ungeschichteten Dolomite des Schlern, Pordoi, Langkofels und Rosengartens als ehemalige Atolle ansah.

Von außerordentlicher Wichtigkeit für die uns beschäftigende Frage ist es ferner, dass v. Richthofen den Nachweis führen konnte, dass die Dolomitriffe sich in einer Periode der Senkung (bezüglich einer positiven Phase) gebildet haben. Die unmittelbare Unterlage derselben sowohl, wie die überlagernden Schichten sind nämlich Ablagerungen eines seichten Meeres, getrennt durch die z. T. über 1000 Meter mächtigen Ablagerungen. v. Richthofen sah darin ein weiteres Moment für die Richtigkeit seiner Auffassung, während uns umgekehrt, da die Richthofen'sche Theorie auch sonst genügend erhärtet ist, die Tatsache, dass die triassischen Korallenriffe in einer Periode der Senkung sich bildeten, wichtige Schlüsse auf die Entstehung unserer modernen Korallenriffe gestattet.

Die Ansichten v. Richthofen's blieben nun allerdings nicht ohne Widerspruch. Insbesondere sprach sich Gümbel (»Das Mendel- und Schlerngebirge«. Sitzungsberichte der Bayrischen Akademie der Wissenschaften 1873) mit großer Schärfe gegen dieselben aus. Das Hauptgewicht legt Gümbel bei seinen Auseinandersetzungen auf die Versteinerungsarmut der Dolomite und betont besonders den Umstand, dass sich in ihnen verhältnismäßig so wenig Korallen finden, während doch Exemplare der von ihm zu den Foraminiferen gerechneten Gyroporellen (sie sind seitdem als Kalkalgen erkannt und werden jetzt als Diploporen bezeichnet) in manchen Lagen des Dolomits ziemlich zahlreich enthalten sind und zwar in einem so vortrefflichen Erhaltungszustand, dass man bei Dünnschliffen unter dem Mikroskop die feinsten Porenkanälchen zu erkennen im stande ist. Wenn also, meint Gümbel, diese so viel zarteren Gebilde in so ausgezeichnete Weise sich erhalten konnten, so müssten auch die stärkeren Korallen, wenn sie wirklich eine hervorragende Rolle bei der Bildung des Gesteins gespielt hätten, noch in größerer Menge gefunden werden. Ferner glaubt Gümbel eine gewisse Schichtung auch in den von v. Richthofen als ungeschichtet bezeichneten Dolomiten erkennen zu können. Die eigentümlichen Lagerungsverhältnisse der Dolomitriffe endlich sucht Gümbel durch die Annahme einer großen Unebenheit des Meeresbodens zu erklären, »welche hier in der Bozener Gegend von den Eruptivgebilden des

Porphyr eingeleitet, durch die während eines langen Zeitraums der Triasperiode fortdauernden Ausbrucherscheinungen eher verstärkt, als verringert wurde«. Auch hält er im Gegensatz zu den Ansichten v. Richthofen's eine starke Mitwirkung der Denudation bei der Bildung der jetzigen Gestalt der Riffe nicht für unwahrscheinlich.

Ganz abgesehen davon, dass die angenommene Unebenheit des Meeresbodens die Eigentümlichkeiten der Lagerung der Dolomite durchaus nicht genügend zu erklären im stande ist und am wenigsten die verschiedene Mächtigkeit derselben, so sind auch die übrigen gegen die Korallenrifftheorie erhobenen Einwände Gümbel's keineswegs stichhaltig. Eine gewisse Schichtung und bankförmige Absonderung findet sich, wie wir bereits erwähnt, auch bei modernen Korallenriffen und stehen ausgedehnte geschichtete Kalkablagerungen mit ihnen im engsten Zusammenhange. v. Richthofen konnte aus dem Grunde auch die geschichteten Dolomite der Vedretta Marmolata etc. als Korallenbildungen in Anspruch nehmen. Dass Versteinerungsarmut ein geradezu charakteristisches Merkmal der meisten Korallenriffe ist, habe ich ebenfalls bereits bemerkt. Was endlich das Verhältniss der Diploporen zu den Korallen betrifft, so muss man für das Verständniss desselben berücksichtigen, dass das Kalkkarbonat in den Kalkgerüsten der ersteren in der Form des Kalkspats, in denen der letzteren dagegen in der des viel leichter löslichen Aragonits sich findet. Dadurch wird der bessere Erhaltungszustand der Diploporen durchaus verständlich. Die Korallen zeigen auch überall da, wo sie in dem Dolomit noch vorhanden sind, einen so außerordentlich schlechten Erhaltungszustand, dass eine Artbestimmung fast nirgends möglich ist; dass den Diploporen übrigens ein gewisser Anteil an dem Aufbau der Riffe zukommt, versteht sich nach dem Vorhergehenden von selbst. Der Annahme Walther's (»Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfs von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke«, D. G. G. XXXVII, 1885) dagegen, dass strukturlose Kalke hauptsächlich da sich bilden, wo an deren ursprünglichem Aufbau kalkabsondernde Pflanzen teilnehmen, indem die in denselben schon vorhandene Kohlensäure die Auflösung des Kalkkarbonats beschleunigt, widerspricht gerade der gute Erhaltungszustand der Diploporen durchaus.

Die Einwände Gümbel's sind also in der That nicht geeignet, die Rifftheorie v. Richthofen's zu widerlegen. Auch haben sich im Gegensatz zu Gümbel eine Reihe von Geologen sehr entschieden für dieselbe ausgesprochen, so insbesondere Stur (»Eine Exkursion in die Umgegend von St. Cassian«, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1868) und Loretz

(Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1873). Die glänzendste Bestätigung fand aber die Richthofen'sche Theorie durch die eingehenden Untersuchungen Edmund's von Mojsisovicz, deren Resultate dieser in seinem berühmten Werke »Die Dolomitriffe Südtirols und Venetiens« 1879 niedergelegt hat. Wenn seine Resultate auch im einzelnen Abweichungen von denen v. Richthofen's zeigen, namentlich in Bezug auf das Alter der Dolomite und auf ihre Beziehungen zu dem Festlande der Triaszeit, so beweisen sie doch auf das unzweideutigste, dass v. Richthofen in den beiden Hauptpunkten das Richtige getroffen, dass nämlich erstens die Dolomite Südtirols in der That Korallenriffe sind und dass sich dieselben zweitens in einer Periode der Senkung oder einer positiven Phase gebildet haben. In einer schon vorher erschienenen Arbeit (»Faunengebiete und Faciesgebilde der alpinen Trias«. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1874) hat v. Mojsisovicz ferner gezeigt, dass die Riffbildungen der Triaszeit in den ganzen Ostalpen eine außerordentlich weite Verbreitung besitzen, nicht nur im Süden, sondern auch im Norden der Centralzone. Der außerordentlich klaren und schönen Darstellung v. Mojsisovicz' folge ich auch vorzugsweise in der kurzen Schilderung der alpinen Riffgebiete, die ich hier anschließe. Ich beginne mit den Südtiroler Vorkommnissen, weil dieselben nicht nur am genauesten untersucht sind, sondern auch wegen der verhältnismäßig geringen Störungen, welche die dortigen Schichten erlitten haben, am besten eine Rekonstruktion der früheren Lagerungsverhältnisse gestatten. Es sind dabei allerdings, um ein zusammenhängendes Bild zu geben, einige Wiederholungen von schon früher Gesagtem nicht ganz zu vermeiden.

Die Dolomite Südtirols zerfallen in geschichtete und ungeschichtete, und unter den letzteren sind wieder diejenigen, bei welchen die massige Struktur bis an die obere Grenze anhält, von solchen zu unterscheiden, bei denen noch wohlgeschichtete Dolomit- und Kalkbänke sich zwischen sie und die überlagernden Raibler Schichten einschieben. Das letztere Verhältnis ist das seltnere, und wo es sich vorfindet, stoßen die geschichteten an den wallförmig aufragenden ungeschichteten ab. Auch in paläontologischer Beziehung besteht zwischen beiden Dolomiten ein durchgreifender Unterschied. Die ungeschichteten sind im allgemeinen versteinerungsreicher, und wiegen in ihnen die Diploporen vor, die in den ungeschichteten Dolomiten fast gänzlich fehlen. Die letzteren sind außerordentlich versteinerungsarm. Die am häufigsten vorkommenden organischen Reste sind Korallen, daneben finden sich vereinzelte globose Ammoniten und Gasteropoden. Dagegen zieht sich

an der Grenze der ungeschichteten Dolomite gegen die heteropischen Gebiete eine Zone von Gesteinen hin (Cipitkalke v. Richthofen's), die

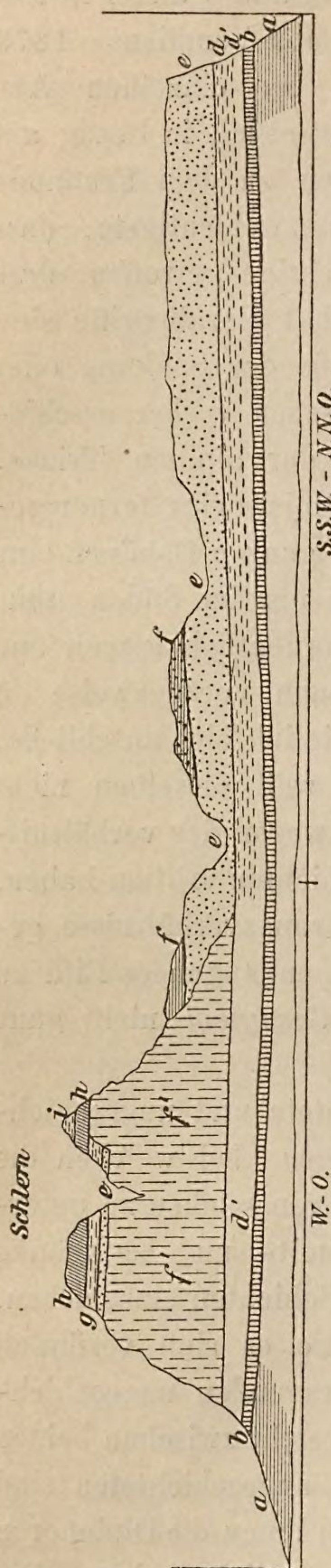


Fig. 3. Durchschnitt durch das Schlernriff und die Seiser Alpe (nach E. v. Mojsisovicz).

a Werfener Schichten; *b* Unterer Muschelkalk; *d* Buchenstein Dolomit; *e* Augitporphyrilaven; *f* Wengener Schichten; *g* Wengener Dolomit; *h* Geschichteter (Wengener und Cassianer) Dolomit; *i* Raibler Schichten; *d'* Dachsteinkalk.

sich durch konglomeratische Struktur und durch großen Versteinerungsreichtum kennzeichnen. Diese Schichten verdanken ihre Entstehung offenbar der Wirkung der Meereswellen, welche einzelne Blöcke von dem Riffe abrissen und mit fein zerriebenem Korallensand zu einem festen Konglomerat verbanden. In diesen feineren Sanden vermochten sich offenbar die Versteinerungen besser zu erhalten als in dem Riffgestein selbst. Sie können uns daher eine deutliche Vorstellung von dem Leben im und am Riffe geben. Die Versteinerungen bestehen in erster Linie aus zahlreichen Korallen, dann aber aus Vertretern aller möglichen Gruppen des Tierreichs, aber ausschließlich solchen Formen, deren heutige Vertreter als korallophil, als Riffbewohner bekannt sind. Dass sich daneben große Blöcke versteinerungsleeren Dolomits finden, die sich in nichts von dem eigentlichen Riffgestein unterscheiden, darf nicht überraschen, musste vielmehr nach der angenommenen Entstehungsweise der Cipitkalke als notwendig vorausgesehen werden. (Fig. 3.)

Die normale Begrenzung der Dolomitriffe bildet eine steil gegen außen abfallende, gegen oben zurücktretende Böschungsfläche. Dieselbe ist natürlich an den meisten Stellen durch Denudation bereits unkenntlich gemacht, an vielen anderen aber, wo sie durch die Anlage heteropischer Schichten vor der Denudation geschützt war, ist sie noch deut-

lich sichtbar, so am Nordostabhang des Schlern, an dem Nordabhang der Vedretta Marmolata, am Richthofen-Riff, am Lagatschoi, den Geislerspitzen, dem Peitlerkofel und Monte Carnera. Die Böschungsfläche

zeigt hier meist die auch an modernen Riffen beobachtete (vergl. v. Drasche, »Fragmente einer Geologie der Insel Luzon«) eigentümliche Struktur, die man als »Übergusschichtung« bezeichnet hat. Dieselbe umfasst nur die äußersten Lagen und unterscheidet sich von normaler Schichtung durch den mangelnden Parallelismus der Schichten und die Inkonstanz des Streichens derselben.

Nach alledem kann ein Zweifel nicht mehr bestehen, dass die Dolomitriffe Südtirols in der That riffbauenden Korallen ihre Entstehung verdanken. Die ungeschichteten Dolomite sind die eigentlichen Riffe, die geschichteten die Ablagerungen der Lagunen. Dies letztere Verhältnis tritt am deutlichsten in der größten zusammenhängenden Dolomitmasse, die sich vom Schlern im Norden bis zum Piz von Sargan im Süden hinzieht, hervor. In diesem nehmen die ungeschichteten Dolomite vorwiegend den östlichen, die geschichteten den westlichen Teil ein. Die letzteren liegen dem alten Festland zugewandt, das hier weit nach Süden vorsprang.

Der Bildung der Dolomitriffe ging eine Zeit von vorwiegend mechanischen, stellenweise aber auch chemischen Seichtwasserabsätzen voraus. Der Grödner Sandstein und der untere Muschelkalk verdanken denselben ihren Ursprung. Schon zur Zeit des unteren Muschelkalks begann die Bildung einzelner Korallenbänke, im oberen Muschelkalk breiteten sich dieselben erheblich weiter aus. Es bildeten sich ausgedehnte flache Strandriffe, welche fast den ganzen nördlichen Teil des hier in Frage kommenden Gebiets einnahmen. Die Zeit der Buchensteiner Schichten beendete den Zeitraum ruhiger Sedimentablagerung in einem flachen Meere. Schon am Ende dieser Zeit begann die Senkung, die dann in der folgenden Zeit der Wengener Schichten eine große Intensität annahm. Das Resultat derselben war die Differenzierung der Ablagerungen in heteropische Schichten. Wo das Wachstum der Korallen mit der Senkung nicht Schritt halten konnte, gingen die Riffe zu Grunde und wurden von anderen Sedimenten überlagert. In den Gebieten geringerer Senkung dagegen, vorwiegend natürlich in der Nähe der Küsten bauten die Korallen mächtige Barrierriffe in die Höhe. 700—900 Meter Mächtigkeit zeigen durchschnittlich die Dolomitriffe der Wengener Zeit. Eine höchst interessante Thatsache ist es dabei, dass die Basis aller dieser Riffe mit Ausnahme des später abgesunkenen Schlern die gleiche absolute Höhe von 2200—2300 Meter besitzt. Da das ganze Gebiet nur geringe Störungen zeigt und offenbar in seiner Gesamtheit später gehoben ist, so ist dies nicht als ein Spiel des Zufalls zu betrachten, sondern es zeigt, dass die Korallen in gleichem

Niveau ihre Arbeit begannen, eben in der Tiefe, bis zu welcher sie überhaupt zu leben im stande sind.

Die Südtiroler Dolomite der Wengener Zeit umgeben in einem großen Bogen eine weite Bucht des damaligen Meeres. Im Westen derselben liegt die ausgedehnte Riffmasse, welche mit dem Schlern im Norden beginnt, sich über die Rosszähne und den Rosengarten bis zum Piz von Sagra im Süden ausdehnt und in der Vedretta Marmolata und dem Monte Alto di Pelsa zwei mächtige Zungen in die Bucht vorschiebt. Im Norden der Bucht finden wir zwei getrennte Dolomitmassen, erstens die des Peitlerkofels und der Geislerspitzen und zweitens die der Hochalpe, im Nordosten das ausgedehnte Sextenerriff. Endlich liegen im Inneren der Bucht zwei kleinere isolierte Dolomitmassen, die des Langkofels und des Monte Carnera, welche wohl als ehemalige Atolle aufzufassen sind, am nächsten zu vergleichen wohl den sogenannten »Detached riffs« an der Außenseite des großen Australriffs. Die heteropischen Bildungen liegen naturgemäß im allgemeinen niedriger als die Dolomitmassen. In dem riffreien Gebiet fanden während der Wengener Zeit mächtige Ausbrüche von Augitporphyren statt, die Laven breiteten sich wie ein mechanisches Sediment innerhalb der ihnen durch die Riffwälle gesteckten Grenzen aus. Ausgedehnte Tuffbildungen gingen mit ihnen Hand in Hand. Da sich an den Riffen sowohl die Laven, als auch die mechanisch vom Wasser transportierten Massen stauen mussten, so entstand längs der Riffe ein erhöhter Rand, und zeigen daher noch jetzt die heteropischen Schichten vielfach ein Herabbeugen vom Riff abwärts. Diesen Aufstauungen ist auch vor allem die Erhaltung vieler ursprünglicher Riffböschungen zu verdanken. In einzelnen Fällen reichten dieselben bis zur Zone der lebenden Korallen hinauf und konnten sich dann auf ihnen Korallen ansiedeln, die auf solche Weise Riffzungen in das heteropische Gebiet bildeten.

Im Beginn der Cassianer Zeit machten die Ausbrüche zweier neuer Vulkane in einem Teil des Gebiets der Riffbildung ein Ende und bedeckten manche der Riffe, wie am Schlern und Mendel, mit Tuffen. In anderen Gebieten dagegen nahmen die Riffe noch während der ganzen Cassianer Zeit an Größe zu, wodurch sich die ungleiche Mächtigkeit derselben erklärt. Während der ersten Hälfte der Cassianer Zeit scheint die Senkung eine sehr geringe gewesen zu sein und in einzelnen Gebieten völlig aufgehört zu haben. Durch die reiche Sedimentbildung, bei welcher insbesondere die Porphyrtuffe eine große Rolle spielten, fand eine teilweise Ausfüllung der zwischen den Riffen liegenden Gebiete statt, sodass diese an vielen Stellen über das heteropische

Gebiet übergreifen konnten. Bei der in der zweiten Hälfte der Cassianer Zeit wieder stärker werdenden Senkung wuchsen die Riffe in die Höhe und erreichten stellenweise noch eine Mächtigkeit von 500 bis 600 Meter. Mit dem Ende der Cassianer Zeit erreichte die Senkung in dem ganzen Gebiet ihren Abschluss. Es folgte die Untiefenbildung der Raibler Zeit, deren Schichten die Riffe, wie die riffreien Gebiete gleichmäßig überlagern.

Von dem eben geschilderten Südtiroler Dolomitgebiet erstrecken sich die Riffe nach Südwesten weiter, ziehen sich um das weit nach Süden vorspringende Vorgebirge des Adamello herum und lassen sich weiter westlich bis zum Luganer See verfolgen. Im Osten aber schließen sich an das große Sextener Riff unmittelbar die Riffbildungen von Friaul an. Es zieht sich ferner eine zusammenhängende Kette von Riffmassen durch die Karawanken, die Julischen und Sulzbacher Alpen, und in Untersteiermark lassen sich dieselben bis über Cilli hinaus verfolgen. Der Gegensatz zwischen dem ungeschichteten Riffwall und dem geschichteten Lagunendolomit tritt besonders in Kärnten wieder deutlich hervor, wo der letztere der Centralkette der Alpen, also dem alten Festlande, zugewandt ist. Überall in diesem Gebiet beginnt die Riffbildung mit dem oberen Muschelkalk oder den Wengener Schichten und schließt mit den Raibler Schichten ab. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Riffe der Julischen Alpen, wo die Riffbildung sich bis in die jüngste Triaszeit fortsetzt. Wir besitzen darüber eine neuere Arbeit von Diener (»Ein Beitrag zur Geologie der Centralkette der Julischen Alpen«. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1884). Auch in den Julischen Alpen begann die Riffbildung zur Zeit des oberen Muschelkalks mit flachen Bänken, dagegen trat in der Zeit der Buchensteiner Schichten eine bedeutende Beschränkung der Riffregion ein, und waren die Ablagerungen dieser Zeit vorwiegend mechanische Seichtwasserabsätze. Die Senkung und damit zusammenhängend die Bildung eines großen Barrierriffs begann mit den Wengener Schichten und erreichte in der Cassianer Zeit ihren Höhepunkt. Ein langgestrecktes, nur im Süden von Jauerberg durch einen schmalen Meeresarm durchbrochenes Barrierriff breitete sich längs der ganzen nördlichen Zone der Julischen Alpen aus. Die Senkung erreichte aber nicht, wie in Tirol, mit der Bildung der Raibler Schichten ihren Abschluss, es setzt sich vielmehr die heteropische Differenzierung in eine Riff- und eine Tiefseefacies noch durch die ganzen Raibler Schichten und die unteren Schichten des Dachsteinkalks fort. Es ist das manchen Vorkommnissen der Nordalpen analog, zu deren Betrachtung wir uns jetzt wenden.



In der Trias von Nordtirol und Südbayern tritt oberhalb des oberen Muschelkalks, durchaus analog den südalpinen Verhältnissen, eine scharf ausgesprochene heteropische Differenzierung in zwei Facies ein. Den Wengener und Cassianer Dolomiten der Südalpen entspricht hier der Wettersteinkalk, eine ungeschichtete, zum Teil dolomitisierte Kalkmasse von 700—900 Meter Mächtigkeit, welche ebenso schroff aus ihrer Umgebung aufsteigt, wie die Dolomitriffe des Südens. Im ganzen ist auch der Wettersteinkalk versteinerungsleer, doch finden sich in ihm nicht ganz selten ausgedehnte Korallenstücke, Diploporen und korallophile Gasteropoden. Seine gleichalterigen heteropischen Gebilde sind die Partnachschichten, eine versteinerungsarme Schlammfacies, deren unterste Stufe die bekannten Pflanzensandsteine einnehmen. Partnachschichten und Wettersteinkalk werden gleichmäßig überlagert von den Carditaschichten, die sich durch die paläontologischen Funde als das Äquivalent der Raibler Schichten herausgestellt haben, sodass also die Übereinstimmung mit den Verhältnissen der südalpinen Trias eine vollständige ist.

Die Riffe des Wettersteinkalks treten im Westen zuerst in der Gegend von Füßen und Reutte auf, bilden einen zusammenhängenden Zug durch das Wetterstein-, Karwendel- und Mangfallgebirge und setzen sich nach Osten weit in das Salzbursche und das Salzkammergut fort. Ein zusammenhängender Zug von Partnachschichten trennt diese Wettersteinkalkmassen von der Centralkette der Alpen. Den Carditaschichten lagert im Westen der sogenannte Hauptdolomit gleichmäßig auf. Im Osten dagegen, im Salzburschen, in dem Salzkammergut und dem nördlichen Steiermark tritt derselbe ebenfalls in zwei scharf gesonderten

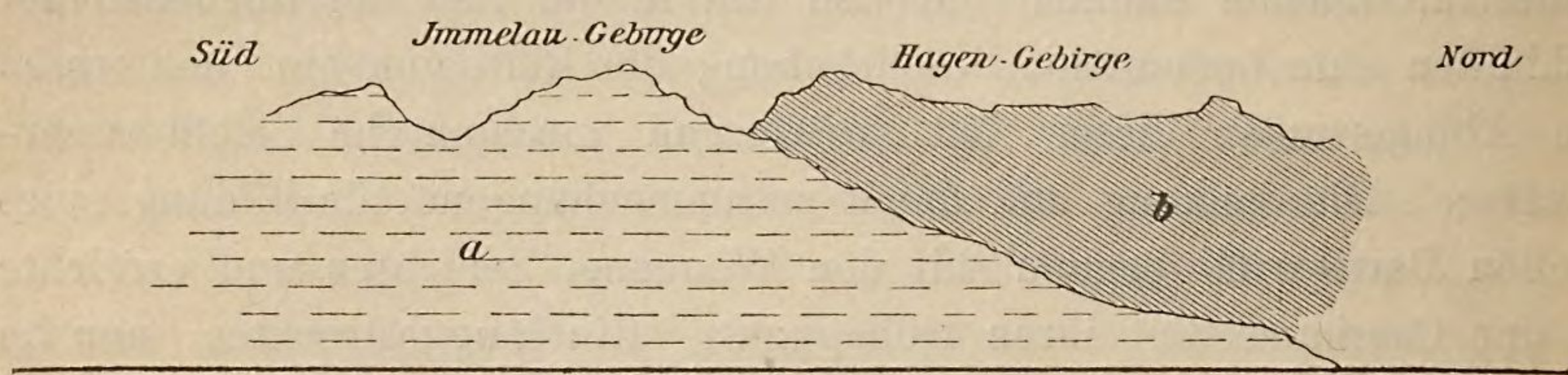


Fig. 4. Profil durch das Immelau- und Hagen-Gebirge (nach E. von Mojsisovicz).
a Korallenkalk, b Dachsteinkalk.

heteropischen Facies auf. Die eine derselben, der Dachsteinkalk im engeren Sinne, ist deutlich geschichtet und enthält nur vereinzelte Korallenbänke, den sogenannten Lithodendronkalk. Die andere Facies, der Korallenkalk, ist ungeschichtet, z. T. dolomitisiert und außerordentlich reich an Korallen. Er erhebt sich mit steilen Böschungsflächen

aus den Schichten des Dachsteinkalks, welche mit erheblichem Winkel gegen ihn abstoßen. Der Korallenkalk beginnt im Westen am Brändelhorn im Saalachthal, mit noch geringer Mächtigkeit die Spitze dieses Berges bildend. Östlich der Saalach nimmt er rasch an Mächtigkeit zu, bildet allein die ganze mächtige südliche Wand des Hochkönigs, die Wetterwand, das Immelaugelbirge und den größten Teil des Schneebergs; weiter im Osten setzt er den Donnerhügel und fast den gesamten steilen Südabfall des Dachsteinmassivs zusammen (Fig. 4). Dann nimmt er an Mächtigkeit wieder ab, reicht aber noch weit nach Osten, wahrscheinlich bis zu dem Wiener Schneeberg hin (vergl. auch Stur, »Geologie der Steiermark«). Übrigens ist neuerdings Walther (D. G. G. XXXIII. 1885) für die riffartige Entstehung auch des geschichteten Dachsteinkalks eingetreten, nimmt aber Kalkalgen als die Hauptbildner desselben an.

Wir sehen also, dass die Centralkette der Ostalpen, welche, wie v. Mojsisovicz nachgewiesen hat (»Dolomitriffe« Kap. II), schon zur Triaszeit Festland war, während des oberen Abschnitts dieser Periode von mächtigen Barrierriffen sowohl im Norden, wie im Süden umgeben war. Diese Barrierriffe besaßen durchschnittlich eine Mächtigkeit von 700—1000 Meter, an einzelnen Stellen aber bis zu 1500 Meter. Sie bildeten sich zu einer Zeit ausgedehnter Senkung, da die vorhergehende Periode des Muschelkalks sich in dem ganzen Gebiet als eine Periode meist mechanischer Seichtwasserabsätze darstellt. Diese Senkung war allgemein zur Zeit der Wengener und Cassianer Schichten. Dann hörte sie im westlichen Teil des Gebiets auf, während sie sich im Osten noch während der Ablagerung der Raibler Schichten und des Dachsteinkalks fortsetzte. Wir haben hier also ähnliche Verhältnisse, wie in der Gegenwart in Neu-Caledonien, wo, wie wir gesehen haben, die Senkung im Nordwesten noch fort dauert, während sie im Südosten bereits in eine geringe Hebung übergegangen ist.

So mächtige Korallenriffe, wie diejenigen der Triasformation, sind in den übrigen geologischen Perioden bisher noch nicht nachgewiesen worden. Aber viele derselben, wie namentlich der Juraformation, zu deren Betrachtung wir uns jetzt wenden, zeigen doch eine Mächtigkeit, die bedeutend größer ist, als die Tiefe, bis zu welcher riffbauende Korallen leben können, sodass ihre Bildung ohne Mitwirkung einer positiven Bewegung nicht wohl erklärt werden kann.

Die folgende Darstellung der Korallenriffe der Jurazeit macht natürlich auf Vollständigkeit keinen Anspruch. Es kam mir nur darauf an, einige der wichtigsten Vorkommnisse zusammenzustellen, um

daraus einige Aufklärung über die Mächtigkeit, den Charakter und die Verbreitung der jurassischen Riffe zu erhalten. Eine Bemerkung muss ich dabei vorausschicken. Die eigentlichen Korallenbänke des Jura, das heißt diejenigen Schichten, welche noch in ihrem jetzigen Erhaltungszustand ihren korallinen Ursprung deutlich verraten und vorzugsweise oder gänzlich aus Stöcken riffbildender Korallen zusammengesetzt sind, besitzen meist nur eine geringe Mächtigkeit. Das ist aber nach der Natur der Riffe, welche ja, wie wir gesehen haben, so rasch ihre ursprüngliche Natur verlieren, nicht anders zu erwarten, und wir dürfen daraus keineswegs schließen, dass den Riffen jener Zeit überhaupt nur eine geringe Mächtigkeit zukomme. Es zeigt sich vielmehr, dass sehr häufig mit diesen Korallenbänken im engeren Sinne Bildungen im engsten Zusammenhang stehen, die wir nach den Resultaten unserer bisherigen Untersuchungen nur als Riffbildungen auffassen können. Das sind zunächst oolithische Bildungen, die ja in den oberen Schichten unserer modernen Riffe eine so hervorragende Rolle spielen, dann aber vor allem oft in großer Ausdehnung ungeschichtete krystallinische Kalke und Dolomite. Ein sehr charakteristisches Beispiel aus dem hannöverschen Jura möge hier angeführt werden, das uns diese Verhältnisse aufs deutlichste veranschaulicht. Bei Völksen am Deister findet sich eine nur 4 Meter mächtige Korallenbank, dieselbe lagert aber auf einer mehr als doppelt so mächtigen Bank ungeschichteten Dolomits des oberen Oxford und wird selbst wieder von mächtigen Oolithbänken überlagert, sodass für das ganze Riff eine Dicke von nahezu 30 Meter sich ergibt (Struckmann, »Der obere Jura der Umgegend von Hannover«). In diesem Fall bleibt allerdings die Mächtigkeit des ganzen Riffs noch weit unter derjenigen, welche wir für die großen Barrierriffe in Anspruch nehmen müssen, aber es zeigt doch dies Beispiel deutlich, einen wie geringen Teil des Riffes diejenigen Schichten einnehmen, die sich noch jetzt deutlich als Korallenbänke kennzeichnen, gegenüber den Oolithbildungen und dem ungeschichteten Dolomit.

In dem ganzen norddeutschen Jura, der ja überhaupt keine sehr große Mächtigkeit besitzt und wesentlich eine Seichtwasser- und Strandbildung gewesen zu sein scheint, spielen demgemäß auch die Korallenriffe keine hervorragende Rolle. Sie sind beschränkt auf die Schichten zwischen dem Oxford und dem Kimmeridge, welche durch das Auftreten der *Cidaris florigemma* charakterisiert sind und als Korallenoolith oder als Florigemmaschichten aufgeführt werden. Ihre Mächtigkeit steigt selten viel über 20 Meter und bleibt häufig darunter, so dass

wir die Riffe wohl nur als Strandriffe betrachten können (vergl. v. Seebach, »Der hannöversche Jura«. 1864, und Brauns, »Der obere Jura im nordwestlichen Deutschland«. 1874).

Eine erheblich größere Mächtigkeit scheint die Korallenfacies der Florigemmazone schon in England zu besitzen, dessen oberer Jura sich im übrigen eng an den des nordwestlichen Deutschland anschließt. Die Korallenriffe bestehen hier meist aus drei übereinander liegenden Schichten, welche von den englischen Geologen als »Lower calcareous grit«, »Coralline or Oxford oolite« und »Upper calcareous grit« bezeichnet werden. Ihre Mächtigkeit beträgt an der Küste von Yorkshire nach Conybeare und Philipps (»Outlines of the geology of England and Wales«) ca. 60 Meter, an der Küste von Weymouth nach Buckland und de la Bêche (»Geology of the neighbourhood of Weymouth«) ca. 45 Meter.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse im südwestlichen Deutschland, in der Schweiz und Frankreich. Die Korallenbildungen sind hier nicht beschränkt auf eine verhältnismäßig schmale Zone, sie sind vielmehr durch einen großen Teil des oberen Jura verbreitet und reichen an einzelnen Stellen sogar noch ziemlich weit in den mittleren Jura hinab. Dieser größeren vertikalen Verbreitung entspricht denn auch eine sehr viel bedeutendere Mächtigkeit.

L. v. Buch (»Der Jura in Deutschland«, 1839) betrachtete den gesamten oberen Jura Schwabens und Frankens mit einer Mächtigkeit von mehreren hundert Metern als ein einziges gewaltiges Barrierriff, welches einst den Kontinent des mittleren Deutschlands umsäumte. Es führte ihn zu dieser Auffassung nicht nur der stellenweise bedeutende Korallenreichtum vieler der hierher gehörigen Schichten, sondern vor allem der steile Abfall des ganzen Gebirges gegen Nordwesten und das gänzliche Fehlen von Jurabildungen in den nördlich benachbarten Gebieten. In dieser Ausdehnung ist nun allerdings die Auffassung L. v. Buch's wohl schwerlich mehr aufrecht zu erhalten. Der Steilabfall des Gebirges nach Nordwesten ist wohl kaum ein ursprünglicher, sondern eine Folge von Abbrüchen in Verbindung mit Erosionswirkungen. Und selbst wenn er ein ursprünglicher wäre, würde das doch nicht für die Riffnatur des Juragebirges sprechen, da dann der Steilabfall unseren jetzigen Kenntnissen entsprechend auf der dem alten Festland abgewandten Seite gesucht werden müsste, also gerade im Südosten. Ebenso verdanken die verschiedenen engen und steilen Täler, welche den schwäbischen und fränkischen Jura oft in seiner ganzen Breite durchsetzen, die L. v. Buch als die ursprünglichen

Riffkanäle ansah, ihre Entstehung wohl ausschließlich der Erosion. Dass aber trotzdem an der Bildung des weißen Jura Schwabens und Frankens den riffbildenden Korallen ein bedeutender Anteil zufällt, geht, wie ich glaube, auch aus den neueren Forschungen auf das unzweideutigste hervor.

Die oberen Schichten des weißen Jura ϵ zeichnen sich durch einen großen Reichtum an riffbildenden Korallen aus, welche vorzugsweise den Gattungen *Astraea*, *Thamnastraea*, *Maeandrina*, *Agaricia* und *Lithodendron* angehören und schon seit lange die Aufmerksamkeit der Geologen erregt haben. Die Korallenlager besitzen freilich meistens, selbst an ihrem berühmtesten Fundort Nattheim, nur eine geringe Mächtigkeit von wenigen Metern, nur der Korallenfels von Arneck bei Ulm ist mehr als 30 Meter mächtig. Die Unterlage derselben bilden aber überall ungeschichtete, meist sehr versteinerungsarme Felsmassen, welche das übrige Gestein stockförmig durchsetzen. Dieselben sind von dreierlei Art: 1) sogenannter Marmor, ein lichtfarbiger, homogener, thonfreier Kalk ohne Spur von krystallinischem Korn; 2) zuckerkörniger Kalk, von feinem krystallinischem Korn und lichtgelber Farbe, meist mit einem gewissen Prozentsatz von Magnesiakarbonat; 3) echter Dolomit mit noch feinerem krystallinischem Korn und meist graulicher Farbe. Die beiden ersten Arten wiegen in Schwaben, der Dolomit in Franken vor. Diese ungeschichteten stockförmigen Kalk- und Dolomitmassen haben nun zwar ihre ausgedehnteste Verbreitung in dem weißen Jura ϵ , doch sind sie nicht ausschließlich auf diese Etage beschränkt. Schon in Schwaben reichen sie vereinzelt bis in die Schichten des weißen Jura γ hinunter, in Franken tritt diese Erscheinung sehr häufig ein. Die Dolomite scheinen sich dort, um einen Ausdruck Quenstedt's zu gebrauchen, tiefer in das Gebirge hineinzufressen. Diese Schichten, γ und δ Quenstedt's, welche so verschiedentlich von den ungeschichteten Kalken und Dolomiten durchsetzt werden, zeichnen sich nun gegenüber den wohlgeschichteten thonreichen Bänken des unteren weißen Jura α und β durch eine weit weniger deutliche Schichtung, geringeren Thongehalt und vor allem durch den außerordentlichen Reichtum an Kalkschwämmen aus den Gattungen *Scyphia*, *Spongites*, *Cnemidium* und *Tragos* aus. Man hat diese Schichten daher geradezu als Schwammkalk, als Scyphien- oder Spongitenfacies bezeichnet. Diese Facies findet sich nun auch im Schweizer Jura in den gleichen Horizonten und zwar tritt sie hier nach den Untersuchungen der schweizer Geologen als Seichtwasser- und Küstenfacies auf. Insbesondere hat Mösch (»Der Aargauer Jura« S. 155) nachgewiesen, dass diese Kalkschwämme

sich mit Vorliebe in den Lagunen der Korallenriffe ansiedelten. Nach allem dem scheint es in der That kaum noch zweifelhaft zu sein, dass die Schichten γ , δ , ε des oberen Jura Schwabens und Frankens Korallenriffe mit den zugehörigen Lagunen und Kanalbildungen darstellen. Wir würden dadurch für die Riffe eine Mächtigkeit von etwa 200 Meter erhalten. Aber selbst wenn wir annehmen, dass die eigentliche Riffbildung sich auf die Etage ε beschränkt hätte, so würden wir doch noch eine Mächtigkeit erhalten, die sehr viel bedeutender ist, als die Tiefe, bis zu welcher riffbildende Korallen leben (vergl. Quenstedt, »Der Jura« 1858; Oppel, »Die Jura-Formation in England, Frankreich und dem südwestlichen Deutschland« 1856—1858). Auch im südlichen Baden müssen die Korallenriffe des oberen Jura nach Sandberger (»Die Jura-Bildungen des Badischen Oberlandes«. Leonhard und Bronn's Jahrb. 1857) eine ziemliche Ausdehnung und bedeutende Mächtigkeit haben, doch fehlt es in der erwähnten Arbeit leider an genauen Zahlenangaben.

Im Schweizer Jura liegen die Verhältnisse zum Teil noch klarer, wie im schwäbischen und fränkischen. Nach den Untersuchungen von Alb. Müller (»Geognostische Skizze des Kantons Basel«. 1862) und Mösch (»Der Aargauer Jura«. 1867) zieht sich ein mächtiges Korallenriff um den südlichen Schwarzwald herum. Dasselbe beginnt im Westen bei Arlesheim, zieht sich von hier nach Südosten und setzt zunächst mit einer Mächtigkeit von über 100 Meter die ganze Ostseite des mächtigen Gampenplateaus zusammen. Dann erstreckt es sich in einer Bogenlinie über Seewen, Waldenburg, Langenbrück, Wangen bis Olten. Im Kanton Aargau tritt es ferner wieder auf bei Günsberg, Dalsberg, Fringeli, Wahlen und erreicht bei Istein wieder den Rhein. Die Mächtigkeit ist allerdings nirgends mehr eine so große, wie am Gampenplateau, aber stellenweise doch noch recht bedeutend, so bei Günsberg 54 Meter, bei Dalsberg 75 Meter, bei Fringeli 70 Meter, bei Wahlen 50 Meter, während sie allerdings bei Istein auf 8—10 Meter herabsinkt.

Diese Riffe rechnen die beiden Geologen Müller und Mösch dem oberen Oxford zu; die gleichalterigen Schichten charakterisieren sich vor allem durch das massenhafte Auftreten von *Cidaris florigemma* und *Hemicidaris crenularis*. Die Riffe sind also wohl jedenfalls mit den Korallenriffen des norddeutschen Jura gleichalterig. Schwieriger scheint es, sie mit dem schwäbischen und fränkischen Jura zu parallelisieren, wenigstens setzt sie Müller dem weißen Jura ε Quenstedt's gleich, Mösch dagegen stellt sie noch unter β . Gegenwärtig werden wohl

ziemlich allgemein die Schichten des weißen Jura & dem oberen Oxford zugerechnet, was den Ansichten Müller's entsprechen würde. Die mit den Korallenriffen gleichalterigen Schichten der Kantone Basel und Aargau zeichnen sich ebenfalls durch ihren großen Reichtum an Scyphien und Spongiten aus und sind im allgemeinen zwischen dem Riff und dem Festland des Schwarzwaldes abgelagert.

Das Verbindungsglied zwischen schwäbischem und Schweizer Jura, der Jura des Klettgau, zeigt vorwiegend die Scyphienfacies ausgebildet, nur in den obersten Lagen treten dazwischen ungeschichtete und versteinungsleere, zuckerkörnige oder marmorartige Kalke auf, die aber nirgends eine größere Mächtigkeit als 10—15 Meter erreichen (Fr. J. und Leop. Würtemberger, »Der weiße Jura im Klettgau und dem angrenzenden Randengebirge«. Verhandl. des naturwissenschaftl. Vereins in Karlsruhe 1866).

Eine sehr bedeutende Rolle spielen die Korallenriffe ferner in den Juragebieten westlich von Basel, den Kantonen Bern und Solothurn, mit denen wir durch die eingehenden Arbeiten von Thurmann (»Letaea Bruntrutana« 1859) und Gressly (»Observations géologiques sur le Jura Soleurois« 1860—62) aufs genaueste bekannt sind. Nach dem letzteren haben die dortigen Korallenriffe eine große vertikale Verbreitung. Sie beginnen in den oberen Schichten des braunen Jura (Oolithe inférieur), gehen durch das Oxfordien (Terrain à chailles) und Corallien bis ins Portlandien hinein. Den Riffmassen der einzelnen Perioden scheint allerdings meist keine sehr große Mächtigkeit zuzukommen, aber an der Bildung vieler der Riffe beteiligen sich Schichten verschiedenen Alters. So nehmen an der Bildung des großen Riffes des Mont Terrible, das sich nach der Karte Gressly's als ein langgestrecktes Atoll darstellt, alle Schichten vom Oolithe inférieur bis zum Portland Teil, so dass wir für dasselbe doch eine Mächtigkeit von ca. 100 Meter erhalten. Außerdem ist zu beachten, dass an sehr vielen Stellen die Riffe nicht mehr von jüngeren Schichten bedeckt sind und daher jedenfalls schon erheblich durch Denudationen an Mächtigkeit verloren haben.

Im Jura von Neuchâtel scheinen die Korallenriffe hauptsächlich den obersten Juraschichten anzugehören. Die Riffe des Oxfordien und Corallien sind unbedeutend. Dagegen haben Jacquard und Tribolet in der von ihnen als Séquanien supérieur bezeichneten Etage (oberes Kimmeridge) eine echte Korallenfacies von nahezu 90 Meter Mächtigkeit nachgewiesen, die sich als ein dichter, sehr reiner weißer Kalk mit wenigen und schlecht erhaltenen Fossilien darstellt (Tribolet, »Recherches géologiques et paléontologiques dans le jura supérieur

Neuchâtelois«). Auch weiter südlich und östlich finden sich in verschiedenen Etagen des obersten Jura Korallenriffe von jedoch meist nicht sehr erheblicher Mächtigkeit (vergl. Studer, »Geologie der Schweiz« Bd. II).

Die Juraablagerungen des Pariser Beckens und des östlichen Frankreich sind in den letzten Jahrzehnten außerordentlich sorgfältig durchforscht worden. Die französischen Geologen haben bei ihren Untersuchungen den verschiedenen Faciesausbildungen ihre besondere Aufmerksamkeit zugewandt und zum Teil gerade die Korallenfacies mit besonderer Vorliebe behandelt. Trotzdem ist es zur Zeit noch schwer, sich ein völlig klares Bild von der Verbreitung der letzteren zu machen, nicht nur weil es bisher noch an zusammenfassenden Arbeiten fehlt, sondern vor allem, weil die meisten der französischen Forscher für die einzelnen Schichten sehr verschiedene und meist lokale Namen eingeführt haben, welche eine Übersicht sehr erschweren. Ich muss mich daher darauf beschränken, einige Thatsachen anzuführen, welche genügend scheinen, über die horizontale und vertikale Verbreitung, die Mächtigkeit und den Charakter der Riffe einige Aufklärung zu geben.

Die Korallenbildungen scheinen im französischen Jura in drei verschiedenen Etagen eine Rolle zu spielen, wie aus den Untersuchungen von Douvillé (Bull. soc. géol. de France, 3. sér. t. IX) und Bertrand (ebendas. t. XI) hervorgeht. Der erstere hat den Jura des Pariser Beckens, der letztere die Juraablagerungen in den Départements Haute-Marne, Haute-Saône, Doubs und der Hochebene von Champagnole-Clairvaux untersucht. Zwischen den Resultaten beider findet sich große Übereinstimmung. Die drei Korallenhorizonte werden von den genannten Geologen als Oolithe corallienne, Oolithe astartienne und Oolithe virgulienne unterschieden. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist eine sehr verschiedene; oft sind sie nur wenige Meter mächtig, während sie in anderen Gegenden Mächtigkeiten von 50—80 Meter aufweisen. Auf dem Plateau von Champagnole-Clairvaux und im Thal von Valfin besteht außerdem das Portlandien aus 100—120 Meter mächtigen kompakten Kalken und Dolomiten, die zum Teil mit Oolithbildungen alternieren. Ob diese Ablagerungen ebenfalls korallinen Ursprungs sind, muss noch dahin gestellt bleiben, ist aber immerhin nicht unmöglich.

Die Korallenbildungen der eben besprochenen Gebiete zeigen nun allerdings zum Teil erhebliche Abweichungen von unseren modernen Riffen. Sie sind gewöhnlich Bänke mit normaler Schichtung und unterscheiden sich von den gleichalterigen heteropischen Schichten nur

durch ihre oolithische, kreideartige oder krümelig-mergelige Struktur und ihre eigentümliche Fauna von Korallen, Echiniden und Rudisten (Diceras). Auch finden sich zuweilen Zwischenlagerungen der Schlammfacies. Doch fehlt es in dem Gebiet auch nicht an echten Riffen. Bertrand hat uns solche von Vouécourt (Dép. Haute-Marne) und Levier (Dép. Doubs) beschrieben.

Diese Riffe scheinen ihre Hauptverbreitung im Corallien zu haben. Wir besitzen eine eingehende Schilderung derselben und der mit ihnen gleichalterigen heteropischen Schichten von Wohlgemuth (»Recherches sur le jurassique moyen«. Bull. soc. des sciences de Nancy. 2. sér. t. VI), dessen Untersuchungen die Départements Meuse, Haute-Marne, Côte d'Or und Ardennes umfassen. Das Corallien ist in diesem Gebiet in zwei scharf gesonderten Facies ausgebildet, einer Korallen- und einer Schlammfacies. Die erstere besteht aus zwei Schichten, dem Corallien inférieur oder Glypticien (Calcaire à polypiers) und dem Corallien supérieur oder Dicératien (Oolithe à Diceras), die Riffe erreichen zum Teil eine Mächtigkeit von über 100 Meter. So teilt Wohlgemuth folgendes Profil zwischen Commercy und St. Michiel mit:

Astartien:

Calcaire lithographique (oberstes Corallien)	. 40 Meter
Oolithe Dicératien	40 »
Calcaire à polypiers	15 »
Calcaire blanc (Schlammfacies)	20 »
Calcaire à polypiers	28 »

Hier findet allerdings eine Zwischenlagerung der Schlammfacies zwischen die Riffacies statt. Etwas weiter östlich fehlt dieselbe dagegen, während die Gesamtmächtigkeit dieselbe bleibt, sodass wir für das Riff, d. h. den Calcaire à polypiers und den Oolithe Dicératien 103 Meter Mächtigkeit erhalten. Zwischen Lérouville und Apremont besitzt der Calcaire à polypiers allein eine Mächtigkeit von nahezu 100 Meter. Die sonst überall überlagernden Oolithe fehlen hier, da der Calcaire à polypiers hier aber überhaupt das höchste Niveau einnimmt, dürfen wir wohl annehmen, dass dieselben durch Denudation entfernt sind. Dass es sich hier um echte Riffe handelt, geht aus den Profilen und Schilderungen Wohlgemuth's deutlich hervor, auch bedient er sich für sie stets der Bezeichnung »récifs madréporiques«.

Ein Korallenriff von bedeutender Mächtigkeit, wenn auch, wie es scheint, nicht sehr großer Ausdehnung, findet sich im südlichsten Frankreich in den obersten Juraschichten, welche bereits den Übergang zur

Kreideformation bilden. Die lithographischen Schiefer, welche an vielen Lokalitäten den Abschluss der Juraformation nach oben bilden, werden in der Umgebung von Ganges am Südostabhang der Cevennen noch überlagert von einem massigen, trümmerförmigen, dolomitischen Kalk, dessen Mächtigkeit zwischen 50 und 300 Meter schwankt, in der Schlucht von Ensumène sogar diese Größe noch überschreitet. Auf diesen ungeschichteten Kalkmassen lagern an einigen Stellen, so bei Berrias und Chadolier geschichtete mergelige Kalke, deren Fauna schon ganz den Charakter des Neokom zeigt, bei Ganges selbst dagegen Korallenkalk mit noch wesentlich jurassischer Fauna. Über die Mächtigkeit des letzteren fehlen leider die Angaben, doch scheint sie nach den beigegebenen Profilen noch ziemlich bedeutend zu sein. Beim Beginn der Kreidezeit starb das Riff offenbar teilweise, vielleicht infolge zu starker Senkung ab und wurde von Schlammablagerungen überdeckt, während an anderen Stellen die Korallen noch weiter bauten und hierbei ihren jurassischen Typus länger, als die sie umgebende Tierwelt bewahrten (Perran in den Bull. soc. géol. de France 3. sér. t. XI, p. 540—543).

Werfen wir noch einmal einen Rückblick auf die Entwicklung der Korallenriffe in Europa während der Juraformation, so ergeben sich folgende bemerkenswerte Thatsachen. Im ganzen Lias und in dem unteren Dogger finden sich fast nirgends Korallenriffe. Nur im Lias des südlichen Spanien sind von Bertrand und Kilian Korallenriffe, die von Dolomit unterlagert werden, nachgewiesen (Comptes rendus de l'académie des sciences 1885, 20. April). Auch mag hier bemerkt werden, dass Wähner neuerdings einen Teil der obersten Dachsteinkalke dem Lias zurechnet, dass ferner er sowohl, wie Th. Fuchs die Hierlatzkalke des alpinen Lias als Bildungen ähnlich dem Pourtalèsplateau in Westindien ansehen (Wähner, »Zur heteropischen Differenzierung des alpinen Lias«. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1886, S. 190—207; und »Über stratigraphische Beziehungen des alpinen Lias zum Dachsteinkalk«. Ebendas. 1887, S. 186; Th. Fuchs »Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten?« Neues Jahrb. für Mineralogie II. Beil.-Bd. S. 558). Vereinzelte Riffbildungen treten zuerst im oberen Dogger auf, in reicher Entwicklung zeigen sich dieselben aber nur im Malm. Die Riffe des Malm selbst aber zeigen unter sich noch große typische Verschiedenheiten. Ausgedehnte Riffzüge von größerer Mächtigkeit, die sich mit den Barrierriffen der Gegenwart vergleichen lassen, finden sich nur im nördlichen Schweizer, im schwäbischen und fränkischen Jura. Dieselben sind meist über 100, stellenweise dagegen

wahrscheinlich gegen 200 Meter mächtig. Sie gehören sämtlich ausschließlich der Oxfordstufe an, und aus derselben Epoche stammt wenigstens seiner Hauptmasse nach das große Atoll des Mont Terrible und einige verwandte Bildungen des Berner Jura. Auch die mächtigen Riffe des unteren französischen Corallien stammen wohl aus derselben Zeit, wenngleich eine genaue Parallelisierung derselben noch nicht völlig durchgeführt ist. Zu derselben Zeit bildeten sich Riffe von geringerer Mächtigkeit im nordwestlichen Deutschland und in England. Dieselben sind wahrscheinlich meist als Strandriffe aufzufassen. Sie bildeten sich jedenfalls in einem flachen Meere, das den einzigen größeren Inselgruppen der oberen Jurazeit in Westeuropa angrenzte (vergl. die Karten zu Neumayr, »Die geographische Verbreitung der Juraformation«. Denkschriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. L, 1885). Im obersten Jura dagegen zeigen die Korallenriffe eine viel ausgedehntere Verbreitung. Sie finden sich in großer Ausdehnung im ganzen französischen, an vielen Stellen des schweizer Jura und nach einer Angabe von Neumayr in großer Verbreitung auch im östlichen Europa. Aber diese Riffe besitzen nicht mehr die Dimensionen der Oxfordriffe, sie bleiben überall erheblich unter 100 Meter und haben meist sogar eine sehr viel geringere Mächtigkeit. Auch treten sie nirgends mehr in zusammenhängenden Zügen auf, sondern haben überall eine isolierte Lage. Endlich zeigen viele derselben gar nicht mehr den typischen Riffcharakter, treten vielmehr als geschichtete Bänke, häufig mit Zwischenlagen von anderer Bildung auf. Es dürften daher diese Korallenriffe und -bänke als Bildungen in einem seichten Meere anzusehen sein. Die in einzelnen Fällen etwas größere Mächtigkeit dürfte sich durch lokale Senkungen erklären.

Vergleichen wir diese Resultate mit den Thatsachen, welche bis jetzt über die negativen und positiven Bewegungen innerhalb der Jurazeit feststehen, so ergibt sich eine außerordentliche Übereinstimmung mit denselben. Schon lange war der Umstand den Geologen aufgefallen, dass der Malm eine außerordentlich viel größere Verbreitung besitzt, als der Lias und Dogger, aber erst durch die oben bereits angeführte Arbeit von Neumayr wurden die bis dahin vereinzelter Beobachtungen zu einem übersichtlichen Gesamtbilde vereinigt. Aus derselben ergibt sich nun mit Sicherheit folgendes: Im Lias und unteren Dogger fanden kleinere Oscillationen statt, im Lias wahrscheinlich mit einem negativen, im Dogger mit positivem Übergewicht. Mit dem oberen Dogger aber begann eine positive Bewegung sich geltend zu machen und hielt im verstärkten Maße im unteren Malm an. Eine

ausgedehnte Transgression trat ein, durch welche allmählich ein großer Teil des nördlichen Europa, das ganze nördliche und westliche Asien und das westliche Nordamerika vom Meer überflutet wurden. Ihr Maximum erreichte diese Bewegung in der Oxfordstufe, aber mit dieser zugleich ihr Ende. Im oberen Malm beginnt das Meer sich zurückzuziehen. Große Teile des nördlichen und nordwestlichen Europa werden vom Meere entblößt und durch die Brack- und Süßwasserbildungen der Wealdenformation eingenommen. Wo das Meer sich aber hält, nimmt es an Tiefe außerordentlich ab, wie aus dem Zurücktreten und schließlich fast vollständigen Verschwinden der vorher so reich entwickelten Cephalopodenfauna hervorgeht. Wir können also wiederum die Thatsache feststellen, dass auch in der Juraformation die Entwicklung mächtiger und zusammenhängender Korallenriffe in die Zeit des Maximums der positiven Bewegung, das Oxford, fällt. In der folgenden Periode seichter Meere gewinnen die Korallenriffe naturgemäß an Ausdehnung, nehmen aber an Mächtigkeit ab. Eine Bemerkung möge hier am Schluss der Betrachtung der Juraformation noch Platz finden. Wir haben gesehen, dass die mächtigsten Riffe der Oxfordzeit sich im Bogen um den südlichen Schwarzwald herumziehen, und haben dieselben als Barrierriffe betrachtet, welche dieses alte Festland umgaben. Neumayr und mit ihm zahlreiche andere Geologen nehmen dagegen an, dass der südliche Schwarzwald jedenfalls während eines Teils der Juraperiode vom Meere bedeckt gewesen sei. Ganz abgesehen nun davon, dass diese Annahme noch durchaus nicht vollständig sicher gestellt ist, erscheint es doch auch nicht unwahrscheinlich, dass dieses Festland während der anhaltenden positiven Bewegung selbst unter das Meer hinabgetaucht sei.

Die Kreideformation ist in Europa arm an Korallenriffen. Allerdings finden sich in den Gosauschichten der Alpen, welche dem unteren Turon angehören, riffbildende Korallen aus den Gruppen der Fungiden, Asträen, Mäandrinen und anderer in großer Zahl und besonders schönem Erhaltungszustand, aber zu einer eigentlichen Riffbildung ist es dort nicht gekommen. Vielmehr liegen die Korallenkalke in Lagen von geringer Mächtigkeit zwischen den Hippuritenschichten eingelagert (vergl. Reuß »Die Gosauschichten«. Denkschr. der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften zu Wien Bd. VII, 1854). Gerade der Umstand, dass es hier nicht zu einer ausgedehnten Riffbildung kam, dürfte vielleicht den guten Erhaltungszustand der Korallen erklären, da in eigentlichen Riffen, wie wir wiederholt gesehen, die Korallenstruktur meist größtenteils oder ganz zerstört ist.

Indessen fehlt es in der Kreidezeit nicht gänzlich an Korallenriffen in Europa. Wir kennen solche z. B. vom Nordrande des Balkan, und scheinen dieselben nach einer Angabe von v. Fritsch eine Mächtigkeit von nahezu 100 Meter zu erreichen. Ferner sind turonische Riffe aus der Provence bekannt (Leonhard, »Etude géologique de la région du Mt. Ventoux«. 1884); und in Seeland wird das oberste Glied der Kreideformation durch Korallenkalk gebildet, dessen Mächtigkeit aber 10—15 Meter nirgends überschreitet.

Was eben von der Kreideformation gesagt ist, gilt in noch höherem Maße vom Tertiär. Zwar ist das südeuropäische Tertiär reich an Korallen, aber dieselben bilden meist nur flache Bänke. Riffe von größerer Ausdehnung und Mächtigkeit haben sich während der Tertiärzeit in Europa nicht mehr gebildet. Wir müssen uns daher außerhalb unseres Erdteils nach derartigen Bildungen umsehen. Da finden wir denn auch Korallenriffe von bedeutender Mächtigkeit an verschiedenen Stellen.

In erster Linie sind hier die gehobenen Riffe Westindiens zu nennen, wie sie sich vor allem in großer Verbreitung und Mächtigkeit auf Cuba und Jamaika finden (Crosby, »On the elevated coral reefs of Cuba«. Proc. of the Boston soc. of nat. hist. vol. XXII, 1882/83; Sawkin's »Geological report of Jamaica«. 1869). Fast die ganze Küste Cubas ist von gehobenen und durchaus horizontal liegenden Korallenriffen umgeben. Die erste Terrasse derselben hat für hunderte von Meilen eine fast gleiche Höhe von 10 Meter und ist mit Ausnahme der Durchbruchstellen der Flüsse ein überall zusammenhängendes Saumriff. Ein zweites Riff erhebt sich steil, oft senkrecht von dem Innenrande des ersten. An der von Crosby hauptsächlich untersuchten Nordseite schwankt seine Höhe infolge der ungleichen Erosion zwischen 70 und 85 Meter. Infolge der Wirksamkeit der denudierenden Kräfte ist ferner dieses Riff weniger zusammenhängend, als das erste. Öfters lagert es den alten, nicht aus Kalk gebildeten Bergen unmittelbar auf, an anderen Stellen findet sich aber zwischen diesen und dem Riff ein ausgeprägtes Thal, welches mit der Küste und dem Riff parallel läuft. Infolge seines höheren Alters ist ferner in diesem Riff der Kalkstein krystallinischer und die Korallen und Muscheln sind größtenteils zerstört, so dass der Kalk stellenweise gänzlich versteinerungsleer ist. Die Mächtigkeit des dritten Riffs beträgt etwa 170 Meter. Es unterscheidet sich vom zweiten noch mehr, als dieses vom ersten durch die stärkere Wirkung der Erosion und größere Verfestigung und Krystallisation. Das vierte Riff endlich ist durch Erosion fast vollständig zerstört und nur noch an wenigen Stellen erhalten.

Etwas mehr im Inneren von Cuba, fünf Meilen von Baracoa erhebt sich ein außerordentlich steiler Berg, der El Yunque oder Anvil, von einer Höhe von 600 Meter. Bis zu 265 Meter Höhe besteht derselbe aus altkrystallinischem Gestein, der Rest aus Kalk, welcher sehr steil, in der oberen Hälfte fast senkrecht aufsteigt. Seine ganze Bildung zeigt deutlich, dass er als ein altes gehobenes Korallenriff zu betrachten ist, obgleich er keine Spur seines korallinen Ursprungs mehr erkennen lässt, sondern vollständig krystallinisch ist. Das Riff des El Yunque ist offenbar das älteste in der Reihe der cubanischen Riffe, in denen wir so den Gang der fortschreitenden Krystallisation und Vernichtung der ursprünglichen Korallenstruktur erkennen können.

Die Mächtigkeit dieser cubanischen Riffe muss einst eine sehr bedeutende gewesen sein, da dieselben noch jetzt, trotz der sehr bedeutenden Wirkung der Denudation, an manchen Stellen, wie am El Yunque, bis nahezu 350 Meter mächtig sind. Was ihr Alter betrifft, so hält Crosby sie für sehr jung, pliocän und zum Teil noch jünger. Er gründet diese Ansicht darauf, dass die große Senkung, welche durch die Mächtigkeit der Riffe angezeigt sei, jedenfalls noch bis in die zweite Hälfte des Pliocän hineingereicht haben müsse, da das ältere Pliocän der Antillen zahlreiche Reste großer Landtiere enthalte, die gegenwärtig dort fehlen. Sueß dagegen (*»Antlitz der Erde«* Bd. II, S. 395) glaubt, und wohl mit Recht, für das Riff des El Yunque wenigstens ein höheres Alter in Anspruch nehmen zu müssen. Er hält dasselbe für alttertiär oder vielleicht sogar cretaceisch.

Noch weit mächtiger als die tertiären Riffe Cubas sind nach Sawkins diejenigen von Jamaika. Gehobene Riffkalke haben auf dieser Insel eine außerordentlich weite Verbreitung. Sie treten teilweise als kompakte, mehr oder weniger krystallinische ungeschichtete Kalke, teilweise als Konglomerate und endlich seltener als ein deutlich geschichtetes kreideartiges Gestein auf. Zuweilen finden sich dünne Zwischenlagen eines mergeligen oder thonigen Gesteins. Die in ihnen gefundenen Versteinerungen sind in erster Linie Korallen, daneben finden sich aber auch Gasteropoden, Zweischaler, Echiniden und Foraminiferen. Diese Versteinerungen geben den Kalken ein tertiäres, wahrscheinlich miocänes oder pliocänes Alter. Die Mächtigkeit der Riffgesteine ist sehr wechselnd, sie überschreitet aber vielfach 600 Meter; z. T. sind die Riffe bis zu einer Höhe von 900 Meter über den Meeresspiegel gehoben.

Ein zweites Gebiet, in welchem gehobene tertiäre Korallenriffe in größerer Ausdehnung sich finden, sind die Philippinen. Am besten

bekannt sind diejenigen von Nord-Luzon, die von Semper und v. Drasche beschrieben sind (Semper, »Die Philippinen und ihre Bewohner« S. 17 u. 88; v. Drasche, »Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon« S. 31—45). Die bedeutendsten derselben finden sich in den sogenannten Militärdistrikten von Lepanto und Bontoc, wo sie bis zu Höhen von 1200—1400 Meter erhoben worden sind. Die Riffe besitzen zum Teil eine bedeutende Mächtigkeit, zeigen eine deutliche Absonderung in Bänke, die nach v. Drasche's Ansicht einem zeitweiligen Stillstand im Wachstum des Riffs ihre Entstehung verdankt, und an ihrer Außenseite häufig jene eigentümliche Schichtung, die man als Überguss-schichtung bezeichnet und die, wie wir oben gesehen, auch vielen der Dolomitriffe Südtirols eigentümlich ist. Der Kalk, aus dem die Riffe bestehen, ist zum Teil hoch krystallinisch, und daher der Erhaltungszustand der Korallen kein sehr guter. Die Struktur derselben ist aber dennoch so weit erhalten, dass Gattungsbestimmungen möglich waren. Aus denselben ergab sich, dass die Korallen sämtlich solchen Gattungen angehören, die noch jetzt im Indischen Ozean häufig (Galaxea, Favia, Maeandrina, Porites, Astraeopora). Damit stimmt die Thatsache überein, dass die betreffenden Riffe nach ihren Lagerungsverhältnissen zu den jüngsten Bildungen Luzons gehören. v. Drasche glaubt sie daher dem Pliocän zurechnen zu dürfen.

Von diesen Riffen der Militärdistrikte ist jedenfalls das interessanteste dasjenige des Thals von Benguet, das sich deutlich als ein gehobenes Atoll kennzeichnet. Das Thal von Benguet ist fast kreisrund, eine halbe geographische Meile im Durchmesser und wird an zwei entgegengesetzten Seiten von einem westöstlich fließenden Bache in zwei engen Schluchten durchbrochen. Im Westen liegt eine kleine Lagune, die zur Regenzeit große Dimensionen annimmt. Die Wände dieses Kessels bestehen aus Korallenkalk, steigen sehr schroff in die Höhe und haben eine fast überall sich ziemlich gleichbleibende Höhe von 150—180 Meter. Ihre Oberfläche ist meist mit einer feinen roten Erde bedeckt, wie wir sie an vielen gehobenen Korallenriffen finden und die wohl als ein Verdampfungsrückstand zu betrachten ist.

Mit den eben besprochenen Korallenriffen der Philippinen sind wahrscheinlich gleichalterig die gehobenen Riffe auf der Südseite von Java, von denen uns Junghuhn (»Java« Bd. II. S. 954 ff.) berichtet. Dieselben besitzen aber nirgends eine größere Mächtigkeit, meist nur 5—6 Meter, in einigen wenigen Fällen 15—16 Meter.

Es bleibt noch übrig, einen Blick auf die vereinzelt gehobenen Riffe der Südsee und des Indischen Ozeans zu werfen, die größtenteils

wohl ganz jungen Ursprungs sind, zum Teil aber wohl auch noch dem Tertiär angehören. Da ich auf die Verbreitung dieser Riffe noch im letzten Kapitel zu sprechen komme, so soll hier nur die Mächtigkeit einiger dieser Riffe angegeben werden, um zu zeigen, dass auch in der jüngsten Vergangenheit sich Riffe von nicht unbeträchtlicher Mächtigkeit gebildet haben. Dabei ist noch zu bemerken, dass hier natürlich nur die Höhe des über Wasser liegenden Teils des Riffs angegeben werden kann. Dieselbe ist also wohl in den meisten Fällen als erheblich größer anzusehen, da es sehr unwahrscheinlich ist, dass irgendwo der Korallenfels gerade am Meeresspiegel aufhöre, und unterhalb andere Bildungen sich fänden.

Die Weihnachtsinsel im östlichen Indischen Ozean ist eine ganz aus Korallenkalk bestehende Insel, die sich in mehreren Terrassen bis zu einer Höhe von 360, nach einer anderen Angabe 480 Meter über dem Meeresspiegel erhebt. Unterhalb desselben ist die Böschung ebenfalls so steil, dass sich nicht einmal Strandriffe zu bilden vermocht haben. In nächster Nähe der Küste konnte meist schon bei 200 Meter Tiefe kein Grund mehr gefunden werden (A. H. 1887. S. 243 ff.; Nat. XXXV. 1887. No. 14). Auf den Palauinseln reicht die Höhe der gehobenen Korallenriffe der südlichen Inseln bis zu 170 Meter. Die Atolle der Loyaltyinseln weisen Mächtigkeiten bis über 100 Meter auf. Das gehobene Atoll Metia, die westlichste Insel der Paumotu-Gruppe, ragt 80 Meter über den Meeresspiegel auf (Dana, »Coral Islands«, p. 264). In der Bandasee weisen die aus Korallenkalk bestehenden Klein Key-Inseln Höhen bis zu 60 Meter auf (A. H. 1875. S. 238), von den Drei Brüderinseln ist die höchste Pulo Ta 120 Meter hoch, während die beiden anderen allerdings nur Höhen von 30—45 Meter aufweisen (Chall. I p. 558; A. H. 1875 S. 228). Bei Yenghen auf Neu-Caledonien finden sich die Reste einiger alten gehobenen Korallenriffe von 182 Meter Höhe (Bull. de la soc. géogr. 6. sér. t. IX. 1875). Diese Beispiele mögen zur Bekräftigung des oben Gesagten genügen.

Halten wir zum Schluss dieses Abschnittes noch einmal eine Übersicht über die gewonnenen Resultate, so ergeben sich für uns folgende Thatsachen. In nahezu allen Formationen, das Karbon und Perm vielleicht allein ausgenommen, finden sich Korallenriffe, deren Mächtigkeit die Tiefe, bis zu welcher riffbildende Korallen leben können, um ein erhebliches übertrifft, deren Bildung daher ohne Senkung oder positive Verschiebung der Niveaulinie nicht wohl erklärt werden kann. Die Mächtigkeit der Riffe erreicht aber wiederholt eine ähnliche Größe,

wie sie Darwin und Dana ihrer Theorie nach für die Mächtigkeiten mancher modernen Riffe anzunehmen genötigt waren. Die mächtigsten Riffe sind die der Triaszeit; sie erreichen in den nördlichen Alpen Mächtigkeiten von 700—900, in den südlichen bis zu 1500 Meter. Ferner haben die devonischen Riffe der Ostalpen Mächtigkeiten von 700 Meter, die gehobenen Korallenriffe von Cuba und Jamaika solche von 350 bis über 600 Meter; endlich ist das gehobene Weihnachtsatoll nahezu 400 Meter hoch, ganz abgesehen von seinem unter dem Meeresspiegel gelegenen Teile. Die von Darwin und Dana angestellten Berechnungen über die Mächtigkeit einiger Riffe, z. B. des großen Australriffs, der Riffe der Gambier-, der Fidjiinseln und von Upolu in der Samoagruppe, welche auf der Annahme basiert sind, dass die überseeische Abdachung der von den Riffen umgebenen Festländer und Inseln sich unter dem Meere mit nahezu gleichem Winkel fortsetzen, ergaben aber nirgends eine größere Mächtigkeit als 700 Meter. Diese Zahl steht also durchaus mit den von uns gewonnenen Resultaten im Einklang.

Weiterhin konnten wir aber die Thatsache feststellen, dass in Europa dreimal die Entwicklung mächtiger Korallenriffe zeitlich in auffallender Weise mit großen und weit verbreiteten positiven Bewegungen zusammenfällt, im Devon, in der Trias und im Jura. Der großen cenomanen Transgression entspricht allerdings eine mächtige Korallenriffentwicklung in Europa nicht. Es müssen in jener Zeit andere Umstände deren Entwicklung gehemmt haben. Wahrscheinlich blieben, wie auch Sueß annimmt, trotz der großen Ausbreitung der Transgression die europäischen Meere der oberen Kreidezeit flach, so dass dadurch der Bau mächtiger Riffe unmöglich wurde.

Aus allen diesen Thatsachen ergibt sich der Schluss, dass die geologischen Verhältnisse keineswegs der Darwin-Dana'schen Theorie widersprechen, vielmehr eine sichere Stütze für dieselben sind. Denn wenn sich in fast allen früheren geologischen Epochen Korallenriffe während positiver Bewegungen gebildet haben, so wäre es höchst auffallend, wenn diese Erscheinung in der Gegenwart fehlen sollte.

V. Abschnitt.

Verbreitung der Korallenriffe in der Gegenwart. Beweise für positive und negative Bewegungen.

1. Im Atlantischen Ozean. Die Bermudas. Beweise für dort stattgefundene positive Bewegungen. Stationärer Zustand in der Gegenwart. Brasilianische Riffe. Die Abrolhos. Negative Spuren. Gehobene Riffe auf Fernando Noronha. — 2. Im Indischen Ozean. Die Riffe des Roten Meeres. Gehobene Riffe auf der Sinai-Halbinsel. Die afrikanische Ostküste. Sansibar. Riffe von Madagaskar. Die Comoren. Die Seychellen und Amiranten. Juan de Nova, Cosmoledo- und Aldabrainseln. Die Lakkadiven. Der Maldivaarchipel. Der Chagosarchipel. Saya de Malha und ähnliche Bänke. Die Mascarenen und Rodriguez. Einbruch von Gondwana-land. Wahrscheinliche Fortdauer der Senkung in der Gegenwart. Gehobene Riffe auf Ceylon. Die Keelingsinseln. Beweise für die noch fortschreitende positive Bewegung bei denselben. Die Weihnachtsinsel. Wharton's Ansichten über ihre Bildung und Widerlegung derselben. Korallenriffe und -inseln gegenüber der Westküste Australiens. Die Riffe der Andamanen, Nikobaren, Javas. Negative Spuren an denselben. Dana- und Luciparainseln. Gehobene Koralleninseln im Osten der Bandasee. Die Riffe von Malakka, Borneo, Celebes, der Sulusee. — 3. Im Stillen Ozean. Der Einbruchskessel des Südchinesischen Meeres. Tizard- und Macclesfieldbank. Die Paracelinseln. Die Riffe an den Küsten von Neu-Guinea. Der Luisiadearchipel. Das große Australriff. Atollförmige Riffe im Korallenmeer. Elisabethriff und Lord Howe's Insel. Die Neu-Hebriden. Die Königin Charlotte-Inseln. Die Salomonsinseln. Gehobene Riffe und Atolle auf denselben. Daneben Zeichen von positiver Bewegung. Atolle im Nordosten und Südosten der Salomonsinseln. Die Riffe an den Küsten des Bismarckarchipels. Die Admiralitätsinseln und benachbarte Atolle. Der Tongaarchipel. Den jetzt dort vorherrschenden negativen Bewegungen gingen positive voraus. Die Minervariffe. Die Cook- und Australinseln. Die Marianen. Der centrale Stille Ozean ein ausgedehntes Gebiet mit positiver Bewegung. Die Paumotus. Die Manihiki- und Amerikainseln. Die Union- und Phönixinseln. Die Inselgruppen Mikronesiens. Riffe an der Westküste Amerikas.

Der Darstellung der Korallenformationen früherer geologischer Epochen soll in diesem Kapitel eine Übersicht über diejenigen der Gegenwart folgen. Ich werde damit eine Prüfung verbinden, in welchen Gebieten nach den von mir dargelegten Grundsätzen eine positive Bewegung zur Erklärung der daselbst vorhandenen Koralleninseln und

Riffe angenommen werden muss. Für einzelne Gebiete wird es mir auch möglich sein, direkte Beweise für eine solche zu erbringen. Ebenso sollen aber auch die Spuren neuerer negativer Bewegungen, so weit sie in erhobenen Korallenriffen hervortreten, in diesem Kapitel besprochen werden. Dagegen werde ich auf die Frage, ob es sich bei den durch die Korallenbauten gekennzeichneten positiven und negativen Bewegungen um wirkliche Senkungen und Hebungen der festen Erdrinde oder um Veränderungen in der Höhe des Meeresspiegels handelt, wenngleich dieselbe hier schon wiederholt gestreift werden muss, doch genauer erst im letzten Kapitel eingehen.

Ich beginne mit dem Atlantischen Ozean. In dem nördlichen Teile desselben findet sich eine kleine Gruppe von Koralleninseln, die Bermudas, die in höheren Breiten gelegen ist, als sich sonst Korallenbildungen vorfinden. Dieses vereinzelte Vorkommen findet seine Erklärung in den Wirkungen des Golfstroms, welcher warmes Wasser hier weit nach Norden führt und dadurch die Möglichkeit für das Wachstum riffbildender Korallen giebt. Wir müssen bei dieser Inselgruppe etwas länger verweilen, weil die von Rein auf ihr angestellten Beobachtungen den Ausgangspunkt seiner gegen die Darwin'sche Theorie gerichteten Angriffe bilden. Wir besitzen über dieselbe eine vortreffliche ältere Schilderung von Lieutenant Nelson (*Transactions of the geol. soc.* 2. ser. vol. V. 1840). In neuerer Zeit sind sie dann von Rein, der sich zwei Jahre dort aufhielt, sehr eingehend durchforscht worden (*Beiträge zur physischen Geographie der Bermudas*. Berichte der Senckenberg'schen naturf. Gesellsch. 1869; ferner *Verh. des ersten deutschen Geographentages* 1881). Dazu kommen die Untersuchungen der Challengerexpedition (*Chall.* I. p. 136—149; Thomson, *»The Atlantic«* vol. I. chapt. IV), die Arbeiten von Mathew Jones (*A. J. ser.* 3. vol. IV. 1873) und die Tiefenmessungen, welche von den englischen Schiffen *Argus* und *Flamingo* in der Umgebung der Inselgruppe vorgenommen sind (*A. H.* 1880. S. 56, 57), — endlich in neuester Zeit noch die Arbeit von Heilprin (*»A contribution to the physical history and zoology of the Somers Archipelago with an examination of the structure of Coral Reefs«* 1889), — die mir allerdings nur in Auszügen vorgelegen hat — so dass die Bermudas wohl zu den am besten durchforschten Koralleninseln gehören dürften.

Die Bermudas liegen unter 32° nördl. Br. und 65° westl. Länge und bilden ein von S.W. nach N.O. sich erstreckendes ellipsenförmiges Atoll, das allerdings manche abweichende Züge von den meisten Atollen des Stillen und Indischen Ozeans zeigt. Das rings geschlossene,

nur durch drei schmale Kanäle — von denen außerdem nur einer für große Schiffe brauchbar ist — durchbrochene Riff trägt nur auf seiner südöstlichen Seite festes Land, sieben größere Inseln, St. Georges, Davids-Island, Longbird-Island, Bermuda, Somerset, Boaz und Ireland-Island und zahllose kleine und kleinste Eilande. Zwischen denselben liegen drei fast abgeschlossene Wasserbassins, Great-Sound, Harrington-Sound und Castle Harbour, die nach Thomson ihre Entstehung der lösenden und erodierenden Wirkung des Meerwassers verdanken sollen. In seinen übrigen Teilen ist das durchschnittlich eine Seemeile breite Riff frei von festem Land mit Ausnahme von zwei unbedeutenden Felsen im Norden, den North Rocks, die sich etwa 3 Meter über die Hochwassermarke erheben. Doch reicht der äußere Rand des Riffs meist bis nahe zur Niederwassermarke in die Höhe, ja einige Stellen fallen zur Ebbezeit trocken.

Wie die ausschließliche Anhäufung des festen Landes auf einer Seite die Bermudas von den meisten anderen Atollen unterscheidet, wenngleich es auch im Stillen Ozean nicht an Beispielen ähnlicher Atolle fehlt, so zeigt auch ihre Lagune eine Verschiedenheit von den meisten anderen Lagunen durch das üppige Wachstum lebender Korallen, die sich bis zu 7 oder 9 Meter unter Wasser erheben und namentlich im nordwestlichen Teil der Lagune ausgedehnte Untiefen bilden, welche nur durch schmale Kanäle getrennt sind. Beide Eigentümlichkeiten dürften wohl auf das engste zusammenhängen, indem der freiere Zutritt des Wassers aus dem offenen Ozean die Lagune freier von Sand und Schlamm hält und so das Wachstum der Korallen erleichtert. Eine weitere Eigentümlichkeit ist die außerordentlich starke Beteiligung von Serpulen an dem Aufbau des Riffs. Die Bemerkung von Mathew Jones (A. J. ser. 3. vol. IV. S. 416), dass lebende Korallen nur im Inneren der Lagunen gedeihen, das äußere Riff dagegen ausschließlich aus gewöhnlichem Kalkstein, der mit Serpulen und Nuliporen bedeckt sei, sich zusammensetze, entspricht dagegen nicht den Thatsachen. Rein, den wir jedenfalls als den gründlichsten Kenner der Bermudas betrachten dürfen, spricht ausdrücklich (Verh. des ersten Geographentages S. 33) von üppig wachsenden Korallen an der Aussenseite des Riffs, die durch ihr Wachstum rasch wieder ersetzen, was durch die brandenden Wellen zerstört ist. Speziell führt er *Oculina diffusa*, *Astraea radians*, *Diploria cerebriformis*, *Porites clavaria* und vor allem *Millepora alcicornis* und *ramosa* an, von denen die beiden letzteren allerdings jetzt zu den Hydroiden gerechnet werden.

Das Riff fällt rings auf eine Tiefe von 13—15 Meter steil ab,

dann folgt eine sanft geböschte Fläche, welche sich im Südwesten am weitesten, nämlich 5 Seemeilen vom Riffrande entfernt, auf den anderen Seiten $1\frac{1}{2}$ —3 Seemeilen. Der Rand dieser Fläche fällt dann wieder ganz steil und zwar zu großen Meerestiefen ab. Unmittelbar neben Stellen mit 55—64 Meter Tiefe konnte bereits mit der 183 Meterleine kein Grund mehr gefunden werden. In 6 Seemeilen Entfernung vom Riffrande fand sich im Nordwesten schon eine Tiefe von 2507 Meter, bei 10 Seemeilen Entfernung eine solche von 3877, $5\frac{1}{2}$ Seemeilen vom westlichsten Punkt eine solche von 3570 Meter. Im Südwesten liegen noch zwei Bänke, die Challenger- und die Columbine- oder Argusbank, auf welchen Tiefen von nur 55 Meter mit Korallengrund gefunden wurden. Zwischen beiden Bänken scheinen die Tiefen 200 Meter nicht zu überschreiten, zwischen der ersteren und den Bermudas beträgt die größte gemessene Tiefe nicht ganz 1800 Meter. Der Grund in der Umgebung der Bermudas besteht bei 366 Meter Tiefe aus großen Fragmenten von Korallen, Foraminiferen, Echinodermen, Mollusken und Algen; bei 400 Meter werden die Bruchstücke kleiner und es gesellen sich Pteropoden- und Heteropodenschalen hinzu; bei 1740 Meter sind dieselben noch kleiner und zeigen eine beträchtliche Beimischung von Tiefsee-Foraminiferen. In größeren Tiefen wird der Boden überall von Globigerinenschlamm gebildet.

Die Küsten der Bermudasinseln selbst stellen zum Teil einen flachen, sandigen Strand dar, an anderen Stellen erhebt sich die Küste aber auch steil zu Höhen von 10—15 Meter und ist vielfach vom Meere unterhöhlt und zurückgedrängt. Alle Bildungen unter dem niedrigsten Wasserstande gehören der Korallenformation an, diejenigen über demselben sind, wie Rein und die Naturforscher der Challengerexpedition übereinstimmend angeben, ausschließlich äolische, die zum Teil eine recht beträchtliche Höhe bis nahe 80 Meter erreichen. Sie bestehen zum Teil aus losem Flugsand, der stellenweise mächtige Dünen bildet und schon wiederholt bebautes Land und selbst Dorfschaften verschüttet hat. Größtenteils ist derselbe aber durch die Wirkung des Regenwassers verfestigt, das das Kalkkarbonat der Oberfläche löst, tiefer wieder ausscheidet und so das Cement bildet, welches die losen und heterogenen Sandkörner verbindet und zu Stein verwandelt. Die oberen Schichten dieses Gesteins sind weich und enthalten Reste von Landschnecken, insbesondere von *Helix Bermudensis*, die unteren Lagen dagegen sind hart, klingen unter dem Hammer und zeigen eine größere Feinheit der Sandkörner. Sie enthalten keine Landschnecken, dagegen finden sich in ihnen mehrfach Lager von Meeresconchylien,

die sich zum Teil direkt an den höchsten Wasserstand anschließen, aber auch bis zu 3 Meter darüber liegen. Rein ist daher geneigt, diese untere härtere Felsmasse als im Meere abgelagert anzusehen, so dass die Bezeichnung »äolische Bildungen«, unter die er an einer früheren Stelle alle über der Niederwassermarke liegenden Ablagerungen zusammenfasst, auf diese untersten Schichten nicht passen würde.

Die zuletzt angeführten Thatsachen, die beträchtliche Höhe, bis zu welcher sich einzelne Teile der Insel erheben, und das Vorkommen von Lagern rezenter Muscheln oberhalb des höchsten Wasserstandes sind es vor allem, welche Rein zu der Ansicht führten, dass die Bermudas ihre Entstehung nicht einer Senkung des Untergrundes verdankten, sondern dass vielmehr Hebung desselben bei ihrer Bildung mitgewirkt hätte. Nun sind aber jene Thatsachen durchaus keine zwingenden Beweise für eine negative Bewegung. Dass die unteren härteren Schichten sich unter Wasser gebildet haben, ist doch nur eine Hypothese, und es erscheint ebenso wahrscheinlich, dass dieselben ebenfalls äolische Bildungen sind und ihre größere Härte nur ihrem höheren Alter und einer stärkeren Infiltration mit Kalkkarbonat verdanken. Jedenfalls finden sich durchaus gleiche Bildungen äolischen Ursprungs auf sehr vielen Koralleninseln. Dana hat dieselben unter dem Namen »beach sandrock« ausführlich beschrieben. Die weichen oberen Schichten dürften dagegen dem »drift sandrock« Dana's entsprechen (Dana, »Coral Islands« p. 152—156). Das Vorkommen von Muschelbänken aber oberhalb der Hochwassergrenze kann in einem Gebiete nicht überraschen, das häufig von so gewaltigen Orkanen heimgesucht wird, wie es die Hurricans der Bermudas sind. Am allerwenigsten aber ist die absolute Höhe der Sandablagerungen ein Beweis für eine stattgefundene negative Bewegung. Sie erklärt sich sehr natürlich durch die Wirkung der heftigen Winde. Berichtet doch Nelson, dass sich in einem Zeitraum von nur 70 Jahren eine Sanddüne von fast 60 Meter Höhe gebildet habe.

Dagegen liegen eine große Reihe von Thatsachen vor, die eine nicht unbeträchtliche positive Bewegung im Gebiet der Bermudas auf das sicherste beweisen. Darin stimmen zunächst alle Beobachter, die Gelehrten der Challengerexpedition sowohl, wie Rein und Jones überein, dass die Bermudas in ihrer Gesamterscheinung den Eindruck hervorrufen, dass sie nur die Reste eines einst größeren Landgebietes sind, aber nur der letztere führt diese Verkleinerung auf eine positive Bewegung zurück, während die übrigen in den brandenden Wogen und der zersetzenden Thätigkeit des Meerwassers die eigentliche Ursache

X derselben erblicken. Nun ist aber durch einige interessante Beobachtungen zweifellos festgestellt, dass eine positive Bewegung in verhältnismäßig neuerer Zeit wirklich stattgefunden hat. Als im Jahre 1870

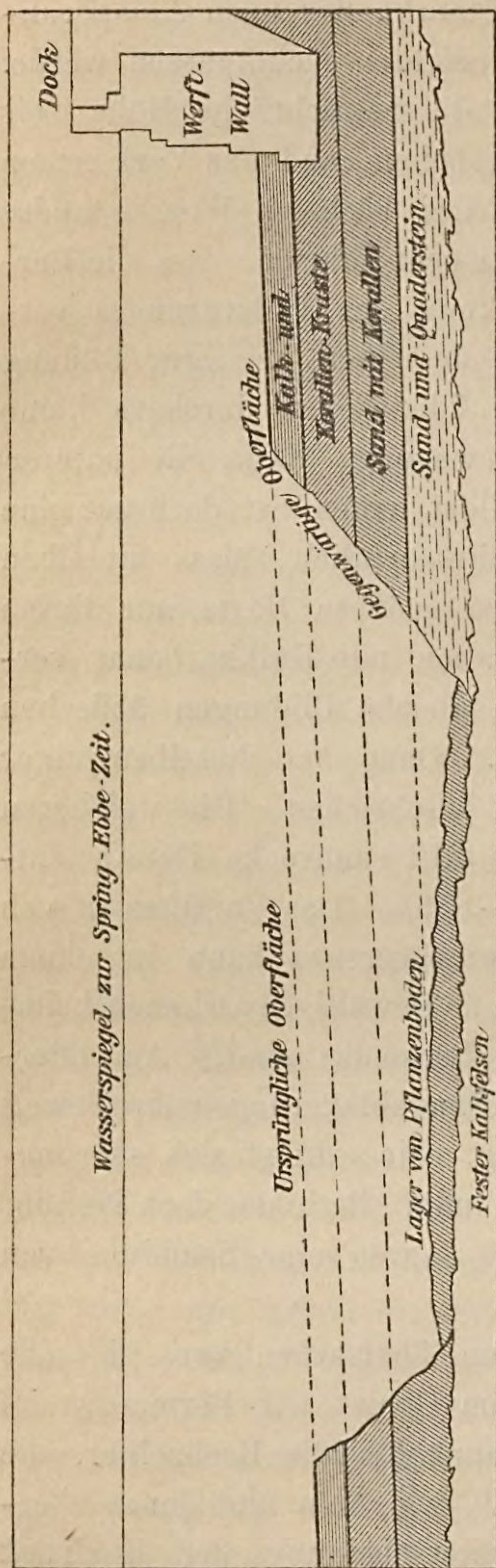


Fig. 5. Profil von Ireland Island (Bermudas) nach Thomson.

bei Ireland Island für das große schwimmende Dock die Felsen bis zu 17 Meter Tiefe unter dem normalen Wasserstande gesprengt wurden, fand man bei 14 Meter Tiefe eine rote eisenschüssige Erde, wie sie sich auch jetzt noch an einigen Stellen der Oberfläche der Bermudas findet. Dieselbe enthält aufrecht stehende Stümpfe der Bermudaceder (*Juniperus barbadensis*) und verschiedene andere Reste von Landpflanzen, nebst Bruchstücken der schon erwähnten *Helix bermudensis*. Unterlagert wird diese Schicht von einem festen Kalkstein, der durch die Ablagerung von krystallinischem Kalk zwischen die kalkigen Fragmente des Korallenfelsens gebildet ist. Ein Profil dieser Stelle nach Thomson ist hier beigelegt (Fig. 5). Ebenso fand sich bei Hamilton Harbour in einer Tiefe von über 11 Meter unter dem gewöhnlichen Wasserstande eine Höhle mit Stalaktiten und roter Erde. Diese Thatsachen beweisen eine positive Bewegung im Betrage von mindestens 14 Meter zweifellos.

Rein meint jedoch, dass diese positive Bewegung ganz jungen Datums sei und keineswegs beweise, dass die Inseln ihre Entstehung der Mitwirkung einer solchen verdanken.

In dem Challengerbericht wird ferner die Möglichkeit ausgesprochen, dass die positive Bewegung ihre Ursache in der Auflockerung des porösen Korallenfelsens durch das Meerwasser und einem allmählichen

Nachsinken der oberen Schichten hätte. Die große Unwahrscheinlichkeit dieser letzteren Annahme leuchtet ein, wenn man beachtet, dass nach den Erfahrungen in anderen Korallengebieten das Meerwasser, weit entfernt den Korallenfels zu lockern, ihn vielmehr durch Zwischenlagerung von Kalkkrystallen verfestigt, wie ich das schon an früheren Stellen auszuführen Gelegenheit hatte, und dass sich auch auf den Bermudas als Grundlage jener roten Erde ein in der Weise verfestigter Kalkfels zeigt.

Was aber die Ansichten von Rein betrifft, so ist ja völlig zuzugeben, dass die durch jene Funde bewiesene positive Bewegung ziemlich neueren Datums sein muss, da die gefundenen Tier- und Pflanzenreste durchaus mit noch jetzt auf den Bermudas lebenden Formen übereinstimmen. Es muss ferner dieser positiven Bewegung eine stationäre Periode vielleicht sogar mit geringen negativen Bewegungen vorangegangen sein, während welcher jene Schichten roter Erde, die jetzt tief unter dem Meeresspiegel begraben sind, sich bildeten. Dafür spricht auch der Umstand, dass bis genau auf die Tiefe von 14 Meter, in welcher jene Schichten sich finden, das Riff nach außen steil abfällt, während dann jene $1\frac{1}{2}$ —5 Seemeilen breite sanft geneigte Fläche folgt. Es wuchs also in der jüngsten Epoche das Riff ausschließlich aufwärts, während in der vorhergehenden Periode seitliches Wachstum vorherrschte. Die erste Form des Wachstums findet aber allgemein bei positiver, die letztere bei negativer Bewegung oder stationärem Zustande statt.

Es sprechen nun aber weitere Anzeichen dafür, dass dieser stationären oder negativen Phase wiederum eine sehr bedeutende positive Periode vorherging. Das beweist zunächst die Steilheit, mit der jenes sanft geneigte Plateau an seinem Außenrande plötzlich zu sehr großen Meerestiefen abfällt, welche den jähen Abstürzen der Atolle der Südsee durchaus nicht nachstehen. Ferner wurde auf der Challenger- und Columbinebank in Tiefen von 55 Meter, also nahe der äußersten Grenze, bis zu welcher riffbildende Korallen noch zu leben vermögen, fester Korallengrund gefunden. Der große Betrag dieser positiven Bewegung erhellt ferner aus dem Umstande, dass die Argus an der Südseite der Bermudas unter $37^{\circ} 55'$ n. Br. und $65^{\circ} 5'$ w. L. noch in einer Tiefe von 1234 Meter festen Korallengrund entdeckte.

Es darf ferner nicht übersehen werden, dass durch die genauen Untersuchungen von Lyell, Dawson und vor allem von Cook (A. J. ser. II, vol. XXIV, p. 340—354) erwiesen ist, dass an der gesamten Ostküste Nordamerikas von Neu-Schottland bis Süd-Carolina herab

eine positive Bewegung sich konstatieren lässt. Ich möchte freilich persönlich kein allzugroßes Gewicht auf diese Erscheinung legen, da der Zusammenhang dieser positiven Bewegungen mit denjenigen auf den Bermudas trotz der nicht allzugroßen Entfernung keineswegs erwiesen ist. Die Ostküste Nordamerikas ist kein Bruchrand, sondern besteht aus jungem Schwemmland. Die hier vorhandene positive Bewegung beruht daher gewiss nicht auf einer wirklichen Senkung, während mir eine solche für die Bermudas wenigstens sehr wahrscheinlich erscheint.

Was endlich die Gegenwart selbst betrifft, so scheint die positive Bewegung in neuester Zeit wieder sehr langsam geworden oder vielleicht gänzlich zum Stillstand gekommen zu sein. Dafür spricht das Vorkommen der roten Erde und die Höhe der Sanddünen. Ferner ist von Rion nachgewiesen worden, dass seit 1607 keine bemerkbaren Veränderungen auf den Inseln stattgefunden haben (die betreffende Abhandlung von Rion stand mir leider nicht zur Verfügung, ich gebe das Resultat nach einer Bemerkung von Sueß, »Antlitz der Erde« Bd. II, S. 378). Ich halte sogar eine kleine negative Bewegung nicht für ausgeschlossen, der Betrag derselben ist aber jedenfalls ein außerordentlich geringer. Als sicheres Resultat dürfen wir also wohl ansehen, dass auf den Bermudas wiederholt Oscillationen stattgefunden haben, jedoch mit sehr bedeutendem positiven Übergewicht, und dass dieser vorwiegenden positiven Bewegung die Inselgruppe ihre Entstehung und ihre atollförmige Gestalt verdankt.

2 Die Korallenriffe Westindiens sind bereits im ersten Kapitel eingehend besprochen, und es ist dort gezeigt worden, dass wir zur Erklärung derselben eine positive Bewegung nicht anzunehmen nötig haben, dass dieselben vielmehr auf ausgedehnten Sedimentbänken oder in einzelnen Fällen vulkanischer Grundlage unter hervorragender Mitwirkung von Meeresströmungen sich gebildet haben. Eine Ausnahme hiervon machen nur die südlichen Bahamas, die, wie wir sahen, auf einem alten Einbruchsfelde sich aufgebaut haben. Andererseits sind auch negative Spuren in diesem Gebiet nicht gerade häufig, wenn wir von den tertiären und zwar größtenteils wohl alttertiären gehobenen Riffen Cubas und Jamaikas absehen. Sie finden sich eigentlich nur in dem östlichen Teil des Gebiets. So ist die Ostküste von Florida bis nahe zu dem Beginn der Keys von einer Muschelbreccie ganz jungen Alters, der »Coquina of St. Augustin« umsäumt, die sich 3 bis 6 Meter über den Meeresspiegel erhebt. An der Ostküste der Bahamas sind mehrere über einander liegende Strandlinien, auch Höhlen mit Stalaktiten und roter Erde beobachtet worden. Auf mehreren der kleinen

Antillen, wie Guadeloupe, Sombrero und Antigua finden sich junge gehobene Korallenriffe. Der Zustand der lebenden Riffe an den Küsten Floridas, Yukatans und Honduras' dagegen spricht gegen eine dort stattgefundene negative Bewegung (vergl. Sueß, »Antlitz der Erde«. Bd. II, S. 394—397, 630—632).

Die Riffe der Küsten Venezuelas sind ausschließlich Strandriffe. An denjenigen Guianas und im Mündungsgebiet des Amazonasstroms bis etwa zum 2 Grad südl. Breite fehlen Korallen überhaupt. Dagegen sind die Küsten Brasiliens von hier an bis nahe Kap Frio und ebenso die meisten der vorliegenden Inseln von Riffen umsäumt (vergl. über dieselben Hartt, »Geology and physical geography of Brazil«. 1870; Rathbun, »Brazilian Corals and Coral Reefs«. Amer. Naturalist XIII, 1879; derselbe, Proc. of the Boston soc. of nat. hist. XX, 1878, p. 39 bis 41 u. A. J. 3. sér. XVII, 1879, p. 326—328; Hawkshaw, Quart. journ. of geol. soc. XXXV, 1879, p. 239—243). Rathbun, der namentlich die Riffe der Insel Itaparica bei Bahia und diejenigen gegenüber der Mündung des Parahyba do Norte eingehend untersucht hat, fand die Korallenfauna derjenigen Westindiens ähnlich, jedoch weit ärmlicher; viele der dort reich entwickelten Geschlechter fehlen hier gänzlich. Vielfach ist auch der obere Teil der Riffe ausschließlich von Serpulen und Nulliporen aufgebaut, während die Korallen, welche die untere Region einnehmen, abgestorben sind. Überhaupt sind nur ein Teil der brasilianischen Riffe wirkliche Korallenriffe. Schon Darwin (S. 217—220) hat nachgewiesen, dass das sogenannte Riff am Eingang des Hafens von Pernambuco nur eine Sandsteinbarre ist, die durch einen Überzug von Nulliporen und Serpulen gegen die Wirkungen der Brandung geschützt wird. Hartt und Hawkshaw haben das neuerdings bestätigt; auch fanden dieselben zwei ganz ähnliche Bildungen bei Porto Seguro und Santa Cruz.

Die Riffe der brasilianischen Küste sind ebenfalls ausschließlich Strandriffe. Die Küste ist meist flach, und die Korallen haben sich in der Regel auf untergetauchten Felspartieen, welche derselben vorge-lagert sind, angesiedelt. Die Kanäle, welche die Riffe von der Küste trennen, sind meist von geringer Breite und stets ganz flach.

Ein ausgedehntes Riffgebiet stellen die Abrolhos und ihre Umgebungen dar. Diese Inselgruppe liegt unter 18 Grad südl. Breite auf der Mitte eines breiten unterseeischen Plateaus, dessen Tiefe 30 Meter fast nirgends überschreitet. In der Umgebung ist das Wasser sehr klar und warm, sodass hier die Bedingungen für Korallenbauten sehr günstige sind. Alle Inseln der Gruppe sind dementsprechend von

ausgedehnten Riffen umgeben. Etwas ostwärts von ihnen liegt ferner die Riffgruppe Parcel dos Abrolhos, die 10 Seemeilen lang und 4 breit ist und von sehr eigentümlichen Riffformen, von den Eingeborenen Chapeirões genannt, gebildet wird. Es sind das turmartig aus Tiefen von 16—20 Meter aufsteigende Korallenriffe, die sich nahe der Oberfläche seitwärts ausbreiten und so die Gestalt von gewaltigen Hutpilzen annehmen. Die Oberfläche selbst erreichen sie nie, bleiben vielmehr stets einige Meter unter derselben. Viele der Chapeirões haben nur einige Fuß im Durchmesser, während andere eine bedeutende Größe erreichen. Oft bleiben nur schmale Kanäle zwischen ihnen frei, doch vereinigen sie sich nie zu zusammenhängenden Riffen.

Noch ausgedehnter ist das Riffgebiet im Nordwesten der Abrolhos, das unter dem Namen Parcel dos Paredes oder Walfischuntiefe bekannt ist und eine Längenausdehnung von 17 Seemeilen bei einer größten Breite von 9 Seemeilen besitzt. Den nördlichsten Teil desselben nimmt ein großes zusammenhängendes Riff, das Lixoriff, ein. Sein mittlerer Teil fällt bei Ebbe trocken und ist dementsprechend abgestorben. Ein etwa 0,3 Meter hoher Rand trennt diesen höchsten Teil des Riffes von der beständig untergetauchten und mit lebenden Korallen bedeckten Partie desselben. Gegen diesen Rand branden die Wellen zur Ebbezeit sehr heftig, aber ein Überzug von Serpulen, Nulliporen und Entenmuscheln schützt ihn vor Zerstörung. Der untergetauchte Teil des Riffes neigt sich sehr allmählich und bricht dann auf Tiefen von 1 bis 3 Meter ab. Außerhalb nehmen die Tiefen rasch auf 20—30 Meter zu. Einzelne Chapeirões umgeben das Lixoriff. Dieselben herrschen auch im Süden der Gruppe vor, doch finden sich hier auch noch zwei kleinere zusammenhängende Riffe, Leste und Pedra Grande.

Negative Spuren, wenn auch von geringem Betrage, sind vielfach an den brasilianischen Riffen festgestellt worden. Dass der höchste Teil des Lixoriffs bei Ebbe trocken fällt und abgestorben ist, ist eben erwähnt; das Gleiche gilt von vielen der Riffe der Abrolhos. Ebenso fand Rathbun an den Riffen von Bahia und Parahyba abgestorbene Nulliporen oberhalb der Grenze, bis zu welcher dieselben überhaupt zu leben vermögen. An dem Riff von Pernambuco glaubt Hawkshaw Oscillationen mit negativem Übergewicht konstatieren zu können. Ebenso sind auf Fernando Noronha trotz der gegenteiligen Ansicht Buchanan's (Chall. II, p. 119) negative Spuren offenbar vorhanden. Rattray (Quart. Journ. of geol. soc. XXVIII, 1872, p. 31—34) sah dort alte Strandlinien, und Ridley (Proc. of the royal geogr. soc. X, 1888, p. 424 bis 434), der sich längere Zeit auf der Insel aufhielt, fand mehrfach

gehobene Korallenriffe. Dagegen nimmt allerdings Hartt (a. a. O. p. 220, 221) für die Entstehung der zwischen Fernando Noronha und der brasilianischen Küste gelegenen Korallenfelsen der Roccas eine positive Bewegung an.

Die Insel St. Paul, die Capverden, Canaren, Madeira und die Westküste Afrikas sind frei von Riffen, sodass wir hiermit den Atlantischen Ozean verlassen und uns dem Indischen zuwenden können.

Das Rote Meer ist reich an Korallenriffen, die durch die ausgezeichnete Arbeit von Ehrenberg (»Über die Natur und Bildung der Koralleninseln und Korallenbänke im Roten Meer« 1834) schon seit lange genau bekannt sind. Es sind langgestreckte, bandartige und flache Riffe, welche oft in mehreren parallelen Reihen die Küsten zu beiden Seiten des Meeres und ebenso einzelne Inseln desselben umsäumen. Atollartige Bildungen oder auch nur Andeutungen von solchen fehlen gänzlich. Die Riffe liegen im allgemeinen 1—3,5 Meter unter Wasser, einige haben sich jedoch bis zum Meeresspiegel erhoben, und sind durch Sandanhäufungen kleine Inseln auf ihnen gebildet. Ihre vertikale Ausdehnung ist überall eine sehr beschränkte. Sie überziehen als verhältnismäßig dünne Krusten unterseeische Felsen, die teils vulkanischen Ursprungs sind, meist aber aus Kalkablagerungen jungen Alters bestehen. In den tieferen Teilen des Meeres fehlen sie daher vollständig und müssen, auch wo sie sich weiter von der Küste entfernen, der Klasse der Strandriffe zugerechnet werden. Ihr äußerer Abfall ist meist steil, während sie sich nach den Küsten zu sanfter abdachen. Es fehlt ferner in dem Gebiete nicht an Spuren neuerer negativer Bewegungen. So hat Klunzinger (Zeitschr. d. Gesellsch. für Erdkunde, Bd. VII, S. 21, 22) Anzeichen einer solchen noch im Fortschreiten begriffenen Bewegung an den Riffen in der Umgebung von Kosser nachgewiesen. Namentlich aber finden sich an den Küsten der Sinaihalbinsel und den gegenüberliegenden Afrikas zahlreiche gehobene Korallenriffe, die in neuester Zeit von Walther (»Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel«. Abh. der Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1888 Heft X) untersucht worden sind. Derselbe unterscheidet zwei Gruppen von Riffen, eine ältere und eine jüngere, von denen die letzteren stetige Übergänge zu den lebenden Riffen zeigen. Diesen sind sie denn auch durchaus gleichartig, indem sie in dünnen Krusten die Schichtenköpfe fester Sedimentgesteine überziehen. Die größte Mächtigkeit der älteren Riffe am Râs Muhammed beträgt 7 Meter, diejenige der jüngeren am Gibel Hammâm Pharaun 3—5 Meter, am Gibel Nakus und Gibel Musa 3,5 Meter in der unteren, 1 Meter in der oberen Terrasse, am Râs

Muhammed 9 Meter. Im südlichen Teil des Roten Meeres dagegen glaubte Darwin einige wirkliche Barrierriffe konstatieren zu können und nahm deshalb hier Senkungen an. Dass positive Bewegungen hier in der That bestanden haben müssen, beweisen die Riffe der kleinen Insel Masámarhu, die außerordentlich steil bis zu Tiefen von 500 Meter abstürzen. Wie sich die eigentümlichen grabenförmigen Einschnitte, welche dieses Riff zeigt, erklären, wage ich allerdings nicht zu entscheiden.

Die Korallenriffe des Persischen Meerbusens und der Hormusstraße gehören ebenfalls ausschließlich der Klasse der Strandriffe an (Darwin S. 201).

Wir wenden uns nun dem Indischen Ozean selbst zu und betrachten zunächst die Westseite desselben. Die ganze Ostküste Afrikas von Kap Guardafui bis nach Natal hinab wird mit geringen Unterbrechungen von Korallenriffen umsäumt, die sich nirgends weit von derselben entfernen und daher als Strandriffe anzusehen sind (Darwin S. 198—200). Auch einige der kleinen vorgelagerten Inseln sind Korallenbildungen, so Pemba, Sansibar, Mafia und die Songainseln. Einige derselben zeigen Spuren einer geringen negativen Bewegung. So besteht Songa-Songa aus Korallenfels, der um einige Meter gehoben ist (A. H. 1886, S. 392). Sansibar wird im Inneren von einigen 30 bis 60 Meter hohen, von Süd nach Nord verlaufenden Hügelketten durchzogen, doch scheinen dieselben nur Sanddünen zu sein, wie solche sich ja auch auf anderen etwas ausgedehnteren Koralleninseln finden. Dieselben umschließen ein steiniges muldenförmiges Längsthal, das den innersten Teil der Insel einnimmt. Die höchste Erhebung der Insel, der kegelförmige Berg Kumkene am südwestlichsten Ende derselben, ist wohl jedenfalls von anderer, wahrscheinlich vulkanischer Bildung. Im übrigen ist die Insel Sansibar ganz flach, nur wenige Meter über den Meeresspiegel erhoben (v. d. Decken, »Reisen in Ostafrika«. Bd. I, S. 23 bis 25; A. H. 1875).

Auch auf dem afrikanischen Festlande selbst finden sich gehobene Korallenbildungen. So steigt von den Küsten der Gallaländer südlich vom 2. Grad südl. Br. eine Ebene an, die ganz aus Korallenkalk besteht. Sie erstreckt sich 5—6 engl. Meilen ins Innere, wo sie dann plötzlich mit einem Sandhöhenzug, der alten Düne, abschließt (Brenner, P. G. M. 1866, S. 361).

Ebenso wie die Küsten Ostafrikas sind auch diejenigen der Insel Madagaskar fast in ihrer ganzen Ausdehnung von Riffen umsäumt. Dieselben schließen sich meist unmittelbar an die Küste an; an einzelnen

Stellen, wo dieselbe besonders flach ist, entfernen sie sich jedoch etwas weiter von derselben und lassen einen fahrbaren Kanal zwischen sich und ihr, dessen Tiefe zwischen 5 und 20 Meter schwankt. Solche Riffe finden sich z. B. gegenüber Tolia und der Fontakabucht an der West-, gegenüber Tamatave und Mannoroo an der Ostseite. Eigentliche Barrierriffe dagegen sind nirgends vorhanden (Darwin S. 196 bis 198; N. M. 1870, p. 281; A. H. 1881, S. 574—577).

Die Comoren dagegen, die teilweise die Reste eines alten Gebirges, das vorwiegend aus Granit, Grünstein und Quarzit bestand, teilweise jüngere vulkanische Bildungen sind, besitzen ausgedehnte Barrierriffe, die sich mehrere Seemeilen, bei der südlichsten Insel Mayotta bis zu 5 Seemeilen weit vom Ufer entfernen und tiefe Lagunenkanäle einschließen (Tiefen bis zu 70 Meter). Die Annahme einer positiven Bewegung ist daher zur Erklärung ihrer Bildung unerlässlich (Darwin S. 195, 196).

Nördlich und nordöstlich von Madagaskar treffen wir weiterhin auf eine Anzahl von Koralleninseln und -riffen, von denen Darwin (S. 193—195) annahm, dass sie sich ähnlich, wie die westindischen Riffe, auf ausgedehnten unterseeischen Bänken unter wesentlicher Mitwirkung der hier besonders kräftigen Meeresströmungen gebildet hätten. Die neueren Untersuchungen scheinen diese Annahme im wesentlichen zu bestätigen. Es sind hier nirgends sehr große Meerestiefen vorhanden (300—700 Meter), und ausgedehnte flache Bänke nehmen einen großen Teil des in Rede stehenden Gebiets ein. Dieselben haben sich wahrscheinlich aufgebaut auf den Trümmern eines alten granitischen Gebirges, das in den am weitesten nördlich gelegenen Seychellen noch in vereinzelter Gipfeln über das Meer sich erhebt. Die Seychellen sind nur von Strandriffen umgeben, die sich indes an manchen Stellen ziemlich weit nach außen ausdehnen. Die südwestlich von ihnen gelegenen Amiranten sind kleine Koralleninseln, die noch von lebenden Riffen umgeben sind und sämtlich auf einer flachen Bank stehen. Sie sind bis zu 6 Meter hoch. Da ihr über Wasser liegender Teil nicht aus festem Korallenfels, sondern aus Korallen- und Schalendetritus besteht, kann von einer negativen Bewegung kaum die Rede sein. Jedenfalls ist der Betrag derselben äußerst gering. Von den weiter südlich gelegenen Inseln ist die Providenciainsel ganz niedrig und liegt auf dem Rande des atollförmigen Providenciariffs. Die nur 19 Seemeilen westlich davon gelegene Insel St. Pierre ist eine bis zu 12 Meter erhobene Koralleninsel und von keinem lebenden Riff umgeben. In ihrer Nähe

befindet sich noch die untergetauchte M'Leodbank (Nat. XXXVII, 1888, p. 548).

Die Farquharinseln oder Juan da Nova bilden ein vollständiges Atoll, dessen Länge in der Richtung N.O.—S.W. $11\frac{1}{2}$ Seemeile beträgt. Die Lagune ist sehr flach und besitzt zahlreiche trocken fallende Bänke und Untiefen. Die Hauptinsel befindet sich auf der Ostseite des Riffs und ist im allgemeinen ganz niedrig; nur einige Sandhügel erheben sich zu Höhen von 9—15 Meter. Interessant ist, dass in dem durch diese Insel geschützten Teil der Lagune die größten in derselben überhaupt auftretenden Tiefen bis zu 11 Meter sich finden, ein Beweis, wie auch hier Auffüllung und nicht Erosion in der Lagune stattgefunden hat. Nach außen fällt das Riff ziemlich steil ab, nur im Nordwesten setzt es sich in eine $3\frac{1}{2}$ Seemeilen westlich sich ausdehnende Sandbank mit 11—22 Meter Wassertiefe fort (A. H. 1879, S. 301—303; Brit. Adm.-Karte 718). Atollförmige Bildungen sind ferner die weiter westlich gelegenen Cosmoledo- und Aldabrainseln. Die ersteren, 7—8 Seemeilen im Durchmesser betragend, liegen auf einem kreisrunden Riff, das eine seichte Lagune, deren Tiefe 13 Meter nicht überschreitet (die Brit. Adm.-Karte giebt sogar nur 8 Meter als größte Tiefe), einschließt. An das Riff schließt sich nach außen eine etwa 100 Meter breite ebene Fläche, die zur Ebbezeit trocken fällt, dann folgt ein Absturz von 5 Meter und darauf eine zweite etwas breitere sanft geneigte Fläche, die sich allmählich bis auf 30 Meter Tiefe abdacht und dann steil zu Tiefen über 200 Meter abstürzt. Die auf dem Riff gelegenen Inselchen bestehen zum Teil nur aus Korallensand, der bis zu 10 Meter hohe Hügel bildet. An der Bildung anderer nehmen aber auch Lavamassen einen erheblichen Anteil (A. H. 1876, S. 243 ff.). Wir dürften es daher hier wohl mit einer Bildung ähnlich dem Oimaatoll in der Salomonsgruppe zu thun haben.

Die Aldabrainsel ist ein von Ost nach West langgestrecktes, gegen 15 Seemeilen langes Atoll. Die Lagune ist fast überall von festem Land umgeben, das namentlich im Osten und Südwesten eine ziemliche Breite besitzt und auf der der Lagune zugewandten Seite dicht mit Mangroven bewachsen ist. Das feste Land besteht aus Korallenfels mit sehr rauher Oberfläche; seine mittlere Höhe beträgt 6 Meter, doch erheben sich einige Sandhügel bis zu 20 Meter. Hier haben also zweifellos negative Bewegungen stattgefunden. Das zeigt auch die Beschaffenheit der Lagune, deren Tiefe fast überall unter 2 Meter bleibt und deren östlicher Teil sogar bei Ebbe nahezu ganz trocken fällt. Nur im nordwestlichen Teil finden sich einige tiefere Stellen von 10,

12 und 16 Meter Tiefe, aus denen aber zahlreiche Korallenstöcke bis nahe zur Oberfläche emporwachsen. Nach diesem Teil der Lagune führt der einzige bedeutendere Eingang in dieselbe, ein schmaler 20—22 Meter tiefer Kanal. Derselbe ist offenbar durch Meeresströmungen offen gehalten, und hier ist zweifellos Erosion thätig. Aber man sieht auch, in welcher Weise dieselbe wirkt. Trotz des verhältnismäßig tiefen Kanals, der hier in die Lagune einführt, ist dieselbe fast völlig ausgefüllt und nur in der Nähe des Einganges hat die Strömung einige schmale Kanäle zwischen den überall in die Höhe wachsenden Korallenbänken frei zu halten vermocht (vergl. Brit. Adm.-Karte 718).

Einen ganz anderen Typus zeigen dagegen die Korallenbildungen, welche von den Mascarenen im Süden sich nach NNO. quer durch den ganzen Indischen Ozean bis fast zur Küste von Vorderindien erstrecken. Während die bisher betrachteten Koralleninseln entweder überhaupt keine oder ganz flache Lagunen besitzen, auch ihre unterseeischen Böschungen nicht übermäßig steil sind, zeichnen sich die jetzt zu besprechenden Insel- und Riffgruppen durch sehr steilen Abfall zu großen Meerestiefen aus und besitzen in den meisten Fällen außergewöhnlich tiefe Lagunen.

Die am weitesten nördlich gelegenen Lakkadiven zeigen die angegebenen Charakterzüge am wenigsten deutlich ausgeprägt. Sie sind freilich sämtlich ganz niedrige Atolle, auch fallen sie nach außen steil ab, aber die Lagunen scheinen mit wenigen Ausnahmen sehr flach und in einigen Fällen ganz ausgefüllt zu sein (Wood, Geogr. Journal vol. VI p. 29 ff.). Minikoi, die südlichste Insel und dem Maldivaarchipel näher, als der Hauptgruppe der Lakkadiven, ist eine halbmondförmige Insel, die ihre konkave Seite nach Nordwesten richtet. Sie ist $6\frac{1}{2}$ Seemeile lang, aber stellenweise nur 200 Meter und auch an der breitesten Stelle nicht mehr als 900 Meter breit. Das sie umgebende Riff fällt bei Ebbezeit trocken. Die Lagune ist sehr flach, nirgends mehr als 15—16 Meter tief. Die Bewohner berichten von wiederholten während der letzten Jahrhunderte stattgefundenen Einbrüchen des Meeres, gegen welche zum Schutz Dämme aufgeworfen sind. Ob es sich hierbei um fortschreitende positive Bewegungen, oder nur um die Wirkungen gewaltiger Sturmfluten handelt, bleibt natürlich unsicher (N. M. 1881, p. 133—136).

Der Maldivaarchipel ist durch die vortrefflichen Schilderungen Darwin's (S. 32—39), welche sich vorzugsweise auf die Untersuchungen des Kapitän Moeresby stützen, bekannt (Die Resultate der Vermessungen des letzteren sind niedergelegt in den Brit. Adm.-Karten 66 a, b, c.)

Er nimmt von Nord nach Süd eine Länge von nicht weniger als 470 Seemeilen ein, bei einer durchschnittlichen Breite von 50 Seemeilen, und besteht aus zwei Reihen von Atollen von z. T. sehr beträchtlichen Dimensionen. Dieselben fallen nach außen steil ab und sind durch sehr tiefe Kanäle von einander getrennt, deren Tiefe zuweilen 500 Meter überschreitet, z. B. zwischen dem südlichen Mahlos-Mahdoo und Horsburgh-Atoll. Einige scheinen durch Zerstückelung aus einem größeren Atoll hervorgegangen zu sein. So sind die drei Mahlos-Mahdoo-Atolle offenbar nur Teile eines ursprünglich sehr ausgedehnten Atolls. Die sie trennenden Kanäle sind auch seichter, als sie sonst in dem Archipel zu sein pflegen; ihre größte Tiefe beträgt nur 230 Meter. Bei dem nördlichsten und ausgedehntesten Atoll, Milla dou Madou oder Tilla dou Matte, scheint sich ein ähnlicher Process vorzubereiten. Die inneren Lagunen der Atolle sind größtenteils sehr tief. Die Tiefen schwanken zwischen einigen 50 und einigen 90 Metern. Im allgemeinen nehmen sie von Norden nach Süden zu. In den nördlichen Atollen betragen sie nur 45—55, in den mittleren 60—70, in den südlichen 75—90 Meter. Die größte Tiefe von nahezu 100 Metern weist die Lagune des sehr weit südlich gelegenen Suadiv-Atolls auf; auch diejenige des südlichsten, Addoo-Atolls, obgleich dasselbe eins der kleinsten ist und nur 9 Seemeilen im größten Durchmesser misst, ist noch 69 Meter tief. Durch die Riffe führen in die Lagunen z. T. sehr breite und tiefe Kanäle, und unter Einwirkung der durch sie hindurchführenden starken Strömungen haben die auf den Riffen liegenden Inselchen z. T. selbst wieder Atollform angenommen. Diese Inselchen sind übrigens abgesehen von einzelnen Sanddünen ganz niedrig.

280 Seemeilen südlich vom Maldiva- liegt dann weiter der Chagosarchipel, der ebenfalls ganz aus Atollen und untergetauchten atollförmigen Bänken besteht (Darwin S. 39, 40, 110—113; Bourne, „The Atoll of Diego Garcia and the coral formations of the Indian Ocean“. Nat. XXXVII. 1888; A. H. 1881 S. 627, 1886 S. 484. Brit. Adm.-Karte 4). Namentlich spielen die letzteren in diesem Gebiet eine große Rolle. Die bedeutendste derselben ist die große Chagosbank, welche in ihrem längsten Durchmesser 90, in einem senkrecht dazu gemessenen 70 Seemeilen misst. Sie ist von atollförmiger Gestalt und völlig untergetaucht. Die höchsten Teile des Randes liegen noch 10—20 Meter unter dem Meeresspiegel und bestehen überall aus totem Korallenfels. Dann folgt nach innen zu eine 5—12 Seemeilen breite Fläche, die mit Korallensand bedeckt und im Durchschnitt 30 Meter tief ist. Der innerste Teil der Bank dagegen ist 70—90 Meter tief

und mit Schlamm erfüllt. Einige Korallenstöcke wachsen aus dem Innern der Lagune bis zu etwa derselben Höhe, wie der Rand empor und sind meist ebenfalls abgestorben; auf einigen derselben finden sich jedoch noch lebende Korallen. Nach außen fällt die Bank steil zu großen Meerestiefen ab; in einer halben Seemeile Entfernung vom Rande wurde mit 350—380 Meter Lotleine kein Grund mehr gefunden. Ähnliche Bildungen, wenn auch von bedeutend geringeren Dimensionen, sind Pitts-, Centurions- und Gangesbank im südwestlichen Ende der Gruppe. Auch sie schließen im Inneren tiefe Lagunen ein, während ihr erhöhter, jedoch ebenfalls noch ganz untergetauchter Rand ganz aus totem Korallenfels besteht.

Von den eigentlichen Atollen der Gruppe schließen die meisten ebenfalls sehr ausgedehnte und tiefe Lagunen ein, während die umgebenden Riffe meist nur wenig festes Land tragen und zum Teil untergetaucht sind. Das gilt namentlich von dem großen 55 Seemeilen im Durchmesser betragenden Peros-Banhos-Atoll. Die auf dem Riff liegenden Inselchen sind sämtlich sehr klein. Der ganze südwestliche Teil des Riffes ist untergetaucht und liegt 9—10 Meter unter Wasser. Die Tiefen der Lagune schwanken, abgesehen von einzelnen Korallenuntiefen, von etwa 40 Meter nahe dem Rande bis zu 75 Meter in den innersten Teilen. Von ganz abweichender Bildung ist dagegen die Insel Diego Garcia, die südlichste der ganzen Gruppe. Sie ist von mäßigem Umfang, 13 Seemeilen lang bei einer größten Breite von 8 Seemeilen. Ihre Lagune ist seichter als die der übrigen Inseln; ihre größte Tiefe beträgt 33 Meter und ein großer Teil wird von Korallenuntiefen mit üppig wachsenden Korallen eingenommen. Vor allem aber weicht sie dadurch von den übrigen Inseln ab, dass die Lagune fast rings von festem Land umgeben ist, und nur ein einziger für Schiffe befahrbarer Kanal im Südwesten in die Lagune führt. Die Insel ist ganz niedrig, abgesehen von den Sanddünen, die sich bis zu 10 Meter Höhe erheben. Bourne glaubt trotzdem eine Hebung, wenn auch nur von sehr geringem Betrage konstatieren zu können. Er fand eine Art von geschichtetem Riffelsen (shingle-rock), wie er sich nur zwischen den Gezeitenmarken bildet, ganz horizontal liegend in einer Höhe von 4 Fuß (1,2 Meter) über der höchsten Flutmarke. Bohrungen ergaben ferner an mehreren Stellen eine Wechsellagerung solches geschichteten Riffelsens mit Sandablagerungen, bis der eigentliche ungeschichtete Riffelsen erreicht wurde. Endlich glaubt Bourne einen Beweis für stattgefundene Hebung in dem Umstande erblicken zu können, dass Reste einer kleinen Krabbe von der Gattung *Ocypus*, die lebend nur

zwischen den Gezeitengrenzen vorkommt, in 5 Fuß (1,5 Meter) über der Flutmarke gefunden sind. Unter allen Umständen kann der Betrag der Hebung oder negativen Bewegung nur ein außerordentlich geringer sein. Von ähnlicher Bildung, wie Diego Garcia, ist die kleine Egmond- oder Sixinsel, deren Riff vollständig geschlossen und ohne jeden Durchgang ist; es trägt 6 kleine Inselchen. Die Tiefe der Lagune beträgt an den tiefsten Stellen 18—24 Meter. Ebenso tief ist die Lagune der Salomonsinseln, eines gleichfalls fast ganz geschlossenen kleinen Atolls, dessen Lagune nur im Nordwesten einen schmalen Eingang besitzt.

Südlich des Chagosarchipels finden sich nur noch untergetauchte Bänke. Die nördlichste und bedeutendste derselben ist Saya de Malha. Sie besteht aus zwei Bänken, die zusammen eine Länge von 234 Seem. in der Richtung N.N.W.—S.S.O. haben und durch einen 20 Seem. breiten und sehr tiefen Kanal von einander getrennt sind. Die genauer untersuchte nördliche Bank (A. H. 1882 S. 701, 702) ist die kleinere; sie misst in der Länge 75, in der größten Breite 23 Seemeilen. Ihr erhöhter Rand liegt in einer Tiefe von 9—22 Meter und fällt nach außen steil ab. Innerhalb 2 Seem. Entfernung von dem Westrande konnte mit 240—570, ebensoweit vom Nordostrande mit 410, und 6 Seem. vom Ostrande mit 900 Meter Lotleine kein Grund mehr gefunden werden. Nach innen zu nimmt die Tiefe allmählich auf 36—55 Meter und dann rascher zu. Die größte im Inneren gelotete Tiefe beträgt 120 Meter. Bis zu 60 Meter Tiefe besteht der Grund aus totem Korallenfels, in größeren Tiefen aus Sand. Die Britische Admiralitäts-Karte 491 giebt hier allerdings etwas geringere Tiefen; auch tritt der atollförmige Charakter der nördlichen Bank nicht sehr deutlich auf derselben hervor. Dagegen zeigt sich auf dieser Karte der Atollcharakter der weit umfangreicheren südlichen Bank sehr klar. Der erhöhte Rand liegt auf der Nord- und Ostseite dieser Bank in einer Tiefe von 18—31 Meter; im Westen und Nordwesten sind die Messungen unvollständig, doch scheint der Rand eher noch etwas tiefer zu liegen. Nach Südwesten ist die Lagune offen. In dieser selbst herrschen ganz allgemein Tiefen von 50—90 Meter, an einigen Stellen sind sogar solche von 110—125 Meter gelotet. Nach außen ist der Abfall nahezu eben so steil wie bei der nördlichen Bank. Über die beiden im Süden auf Saya de Malha folgenden Bänke, die Nazarethbank und das Cargados-Carajos-Riff sind nur sehr spärliche Nachrichten vorhanden (vergl. Darwin S. 193 und die oben angeführte Abhandlung von Bourne). Die Nazarethbank ist aber jedenfalls auch von atollförmiger Gestalt und weist im Inneren Tiefen von 25—82 Meter

auf. Das gekrümmte Cargados-Carajos-Riff erreicht dagegen zum Teil die Meeresoberfläche und trägt sogar ein paar kleine Inselchen; eine eigentlich atollförmige Bildung dürfte es kaum sein (vergl. Brit. Adm. Karte 1881).

Die südlich benachbarten Mascarenen sind nur von Strandriffen umgeben; nur am Ausgang der Bucht von Mahebourg auf Mauritius ist ein kleines Barrierriff, das Fouquetriff, vorhanden, das bei Ebbe z. T. trocken fällt und einige kleine Inselchen trägt. Der Lagunenkanal, der dasselbe von der Küste trennt, weist Tiefen bis zu 36 Meter auf; in dem südlichen Eingange steigen dieselben bis zu 55 Meter. Gehobene Riffe finden sich ebenfalls auf Mauritius, wie Réunion, doch ist der Betrag der negativen Bewegung ein sehr geringer. Bemerkenswert ist dabei die an einzelnen Stellen auf Mauritius beobachtete Wechsellagerung von Korallenkalk und Basalt (Möbius, »Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen«. 1880. S. 26—33; v. Drasche, »Die Insel Réunion mit einem Anhang über die Insel Mauritius«. 1878). Weit ausgedehnter sind die Korallenbildungen um die isoliert gelegene Insel Rodriguez. Die Insel ist vulkanisch, aber gehobener Korallenkalk nimmt an ihrem Aufbau einen wesentlichen Anteil und bildet namentlich im Südwesten eine weite Ebene. Auch an dem vulkanischen Gestein sind alte Strandlinien bis zu einer Höhe von 6 Metern zu konstatieren. Ein lebendes Riff umsäumt die ganze Küste und schließt sich im Osten eng an dieselbe an, während es sich im Südwesten 3 Seem. weit ausdehnt, ohne indes einen tiefen Kanal zwischen sich und der Insel zu lassen. Außerdem existiert aber noch ein älteres Riff, welches jetzt gänzlich gesunken ist und zwar an manchen Stellen bis zu einer Tiefe von mehr als 160 Meter. Dasselbe hat im Westen eine Ausdehnung von 15, im Osten von 6 Seemeilen. Es ging hier also der vielleicht durch vulkanische Kräfte hervorgebrachten negativen Bewegung eine positive vorher (Behm, »Die Insel Rodriguez«. P. G. M. 1880).

Dass überhaupt die meisten der eben besprochenen Korallenbildungen ohne eine ausgedehnte und lang anhaltende positive Bewegung nicht zu stande kommen konnten, dürfte nach meinen früheren Auseinandersetzungen einleuchtend sein. Aus anderen Gründen folgt nun in der That, dass im westlichen Teile des Indischen Ozeans gewaltige Senkungen stattgefunden haben müssen. Einige auffallende Übereinstimmungen in der Fauna von Madagaskar und Ceylon und in dem geologischen Bau Süd-Afrikas und Indiens haben schon seit lange die Vermutung nahe gelegt, dass das Indische Tafelland, Süd-Afrika und

Madagaskar nur Teile eines großen Kontinents seien, der einst die ganze westliche Hälfte des Indischen Ozeans einnahm. In neuester Zeit hat Sueß (»Antlitz der Erde«. Bd. I, 2. Abschn. VI) diese Frage von neuem eingehend untersucht und ist ebenfalls zu dem Resultate gekommen, dass ein solcher Kontinent in der That bestanden haben muss. Er bezeichnet ihn als das gebrochene Indische Festland oder Gondwánaland. Die Westküste Indiens und die Ostküste Süd-Afrikas erscheinen nach ihm als die Bruchränder des alten Tafellandes, die Insel Madagaskar als Horst, der zwischen zwei Senkungsgebieten stehen geblieben ist. Den Beginn des Einbruches verlegt Sueß allerdings bis in die mittlere Jurazeit zurück, er giebt aber weiterhin an, dass jedenfalls noch zur Eocänzeit eine Landschranke zwischen dem nördlichen und südlichen Teil des westlichen Indischen Ozeans bestanden haben muss. Bei dem außerordentlich großen Betrage, den die stattgefundene Senkung, nach den jetzt im westlichen Indischen Ozean vorhandenen Tiefen zu urteilen, offenbar gehabt hat, erscheint es daher durchaus nicht unwahrscheinlich, dass dieselbe noch bis in die neueste Zeit fortgedauert hat und an manchen Stellen vielleicht noch im Fortschreiten begriffen ist.

Die Zustände, in welchen wir die Korallenbildungen des westlichen Indischen Ozeans vorfinden, entsprechen dieser Auffassung durchaus. Sie zeigen eine Zunahme der Senkung von den Rändern nach der Mitte des Ozeans zu an. Die Lakkadiven haben sämtlich flache Lagunen, sind daher wahrscheinlich schon längere Zeit stationär. Dagegen weisen die tiefen Lagunen der Atolle des Maldivaarchipels, deren Tiefe ebenfalls, wie wir gesehen haben, nach Süden zunimmt, auf eine noch fortdauernde Senkung hin. Noch bedeutender muss dieselbe im allgemeinen noch weiter südlich gewesen sein, da in der Chagosgruppe ein großer Teil der Atolle ganz unter den Meeresspiegel hinabgetaucht ist und sich bei anderen dieser Vorgang offenbar vorbereitet. Dass einige Inseln dieser Gruppe, wie Diego Garcia- und Egmond-Atoll offenbar weniger starke Senkung erlitten haben, darf nicht überraschen und ist keineswegs, wie Bourne meint, ein Beweis gegen die Senkungstheorie. Dass gerade in den Gebieten, wo die Senkung nahezu den höchsten Betrag erreichte, das alte Festland in zahlreiche Schollen zerbrochen wurde, von denen einzelne stärker sich absenkten, während andere horstartig stehen blieben, erscheint in hohem Grade wahrscheinlich. In Westindien, wo wir auch den Zusammenbruch einer alten Festlandskette vor uns haben, sehen wir ganz entsprechendes, einzelne jäh aus großen Meerestiefen aufsteigende Bänke, die als die

stehen gebliebenen oder richtiger gesagt, weniger stark gesenkten Teile der alten Kordillere der Antillen erscheinen.

Südwestlich vom Chagosarchipel scheint die Senkung noch rascher und intensiver vor sich gegangen zu sein, wie der völlig untergetauchte Zustand von Saya de Malha und der Nazarethbank beweisen. Bei der letzteren ist der Betrag derselben offenbar schon wieder geringer als bei den Bänken von Saya de Malha; und von dem Cargados-Carajos-Riff erreicht ein Teil bereits wieder den Meeresspiegel. Im Gebiet der Mascarenen und in der Umgebung von Rodriguez scheinen Senkungen in neuerer Zeit nicht mehr stattgefunden zu haben, vielmehr sind hier negative Bewegungen, wenn auch von geringem Betrage, eingetreten. Dass diesen aber ebenfalls Senkungen vorangingen, haben wir oben bereits gesehen.

Die ausgedehnten Bänke ferner, auf denen die Seychellen, Amiranten und die südlich davon gelegenen Inselgruppen liegen, sind offenbar die Fortsetzung des großen Horstes von Madagaskar; wie ja auch die Seychellen, ebenso wie ein großer Teil Madagaskars aus altkrystallinischen Gesteinen sich zusammensetzen. Die Senkung war hier unbedeutend und hörte wahrscheinlich frühzeitig auf, so dass die Korallenbildungen hier einen ganz anderen Charakter, wie im Osten annahmen. Die Comoren dagegen, deren breite und tiefe Lagunenkanäle auf eine weit bedeutendere und vielleicht noch fortschreitende Senkung hinweisen, liegen innerhalb des Senkungsgebietes des Kanals von Mozambique, welcher den großen Horst vom afrikanischen Festlande trennt.

Der östliche und nordöstliche Teil des Indischen Ozeans ist viel ärmer an Korallenbildungen, wie der westliche. So sind die Küsten Vorderindiens mit Ausnahme der äußersten Südspitze und ebenso die westlichen Küsten Hinterindiens völlig frei von Riffen. Dagegen ist die Insel Ceylon an verschiedenen Punkten von Strandriffen umsäumt. Auch finden sich auf der Insel gehobene Riffe in großer Verbreitung. Die nördliche Ebene derselben scheint vorwiegend aus Korallenkalk aufgebaut zu sein. Die negative Bewegung, durch welche diese Riffe bloßgelegt wurden, gehört der jüngsten Vergangenheit an, da sich in ihnen nur Reste noch lebender Tierarten finden; nach der Ansicht v. Richthofen's dauert sie noch gegenwärtig fort (v. Richthofen, »Bemerkungen über Ceylon«. D. G. G. XII. 1860. S. 529, 530).

Koralleninseln sind ferner die durch Darwin's Forschungen berühmt gewordenen Keelings- oder Kokosinseln und die Weihnachtsinsel. Die ersteren (Darwin S. 5—20) bestehen aus zwei kleinen Atollen,

von denen das südlichere größere 9 Seemeilen im größten Durchmesser hat. Ihre Lagunen sind sehr flach und größtenteils entweder von Sediment oder wachsenden Korallen ausgefüllt. Ihre äußere Abdachung ist eine sehr steile. Das Riff fällt von seinem äußeren Rande mit Winkeln von 45° und mehr zu sehr großen Meerestiefen ab, die in 2000 Meter Entfernung vom Riffande schon mehr als 2000 Meter betragen. Der Meeresboden besteht unterhalb der Grenze der lebenden Korallen, soweit die Messungen reichen, überall aus Korallensand. Dass diese Inseln einer positiven Bewegung ihre Entstehung verdanken, ist wohl zweifellos. Darwin glaubte auch das Fortbestehen dieser Bewegung in der Gegenwart konstatieren zu können. Er schloss das namentlich aus dem Umstande, dass an verschiedenen Stellen der auf dem Riff liegenden Inselchen sich Stümpfe von Kokospalmen fanden, die zur Flutzeit von dem Wasser des Meeres umspült wurden und teilweise schon ganz unterwaschen waren, während dieselben doch offenbar in einer größeren Entfernung vom Strande gewachsen sein mussten. Neuere Beobachtungen, die von Forbes (Proc. of the royal geogr. soc. 1879) zusammengestellt und durch eigene Untersuchungen bereichert worden sind, zeigen aber, dass diese Erscheinung nicht eine Folge von neueren positiven Bewegungen ist, sondern sich durch das Wandern der Sandablagerungen unter Einfluss der Meeresströmungen erklärt. Dagegen geht aus der von Forbes entworfenen Karte, in welcher alle seit Darwin's Besuch am südlichen Keelingatoll vorgegangenen Veränderungen eingetragen sind, hervor, dass der ganze südliche Teil des Riffs seit jener Zeit niedriger geworden ist. Während derselbe nämlich zu Darwin's Zeit stets trocken fiel, ist er jetzt jederzeit einige Fuß unter Wasser. Daraus dürfte doch wohl das Fortbestehen der positiven Bewegung in der Gegenwart mit ziemlicher Sicherheit folgen. Für weitere Details verweise ich auf die schon mehrfach angeführte Arbeit von Guppy, »The Keelings-Cocos-Islands«. Scott. geogr. Mag. 1889.

Die weiter östlich gelegene Weihnachtsinsel, über die wir erst in neuester Zeit durch die Untersuchungen der englischen Vermessungsschiffe »Flying Fish« und »Egeria« genauere Nachrichten erhalten haben (Nat. XXXVI. 1887 p. 12, 13; A. H. 1887 S. 243, 244; Proc. royal geogr. soc. X. 1888 p. 613—624), ist jedenfalls eine der merkwürdigsten Korallenbildungen, die auf der Erde existieren. Die Insel von unregelmäßig viereckiger Gestalt steigt fast überall mit senkrechten, vielfach unterwaschenen Klippen aus dem Meere empor. Die Höhe dieser Klippen schwankt zwischen 10 und 30 Meter. Unterhalb des

Meeresspiegels setzen sich dieselben mit annähernd gleicher Steilheit fort, da in der nächsten Nähe der Küste schon große Tiefen, stellenweise über 200 Meter, gelotet wurden. Auch weiterhin nehmen die Tiefen rasch zu. So wurden, um nur einige Zahlen zu nennen, in 1 Seem. Entfernung vom Nordwestpunkt nördlich derselben 845, westlich 704 Meter gelotet; in einer Entfernung von $2\frac{1}{2}$ Seem. fand sich im Norden schon eine Tiefe von 2097 Meter und 2 Seem. im Westen eine solche von 2106 Meter. Noch steiler scheint die Böschung im Süden zu sein. Nur $\frac{1}{3}$ Seem. vom Südpunkt beträgt die Tiefe 822 und in $1\frac{1}{2}$ Seem. 1777 Meter. Etwas sanftere Neigungen herrschen an dem Nordabhang der Insel, doch wurden auch hier in geringer Entfernung bedeutende Tiefen gelotet.

Die ganze Insel stellt einen von Ost nach West sich erstreckenden Sattel dar. Die höchste Erhebung, ein Doppelgipfel, liegt im Westen und ist nach den Angaben des »Flying Fish« nahezu 500, nach den wohl zuverlässigeren der »Egeria«, von welchem Schiffe mehrere Offiziere den Gipfel bestiegen, dagegen nur etwa 360 Meter hoch. Die Insel steigt zu diesen Höhen in mehreren Terrassen auf, die durch steile, fast senkrechte Abstürze von 60—90 Meter Höhe von einander getrennt sind. Unmittelbar nördlich unter der höchsten Erhebung findet sich eine kesselförmige Einsenkung, die wohl als Rest einer alten Lagune aufgefasst werden kann. Die ganze Insel ist mit Ausnahme der steilen Wände, welche die einzelnen Terrassen mit einander verbinden, dicht bewaldet. Das Gestein, aus dem sich die Insel zusammensetzt, ist abgesehen von der dünnen Humusschicht überall fester Korallenfels. An einigen Stellen wurden aber Rollstücke eines vulkanischen Gesteins gefunden, die den Eindruck machen, als wenn sie lange von den Wogen des Meeres bearbeitet wären. Besonders zahlreich fanden sich dieselben am Grund jener kesselförmigen Vertiefung unter dem Gipfel, wo sie fast den ganzen Boden bedecken. Anstehend wurde dagegen vulkanisches Gestein nicht gefunden; auch die Gipfel bestehen aus Korallenfels.

Kapitän Wharton, aus dessen Feder der oben angeführte Aufsatz in den Proceedings stammt, denkt sich die Entstehung der Weihnachtsinsel in der Weise, dass ein unterseeischer Vulkankegel allmählich in die Höhe gehoben worden ist und sich dabei mit Sedimentablagerungen bedeckte, dass dann, als der Gipfel bis in die Riffkorallenzone erhoben worden war, sich zunächst auf diesem Riffkorallen ansiedelten und erst bei weiterer Hebung auch die tieferen Teile sich mit Korallenansiedlungen bedeckten. Die Terrassenbildungen sind nach ihm durch Pausen

in der hebenden Bewegung entstanden. Wharton nimmt also an, dass der Kern der ganzen Insel aus vulkanischem Gestein bestehe, und der Korallenfels nur einen verhältnismäßig dünnen Mantel um dasselbe bilde. Dass bei der Hebung der Insel vulkanische Kräfte gewirkt haben, unterliegt nun wohl keinem Zweifel. Eine solche isolierte Erhebung dürfte sich kaum durch eine andere Annahme erklären lassen. Auch spricht das Vorkommen vulkanischer Rollsteine und ebenso das Auftreten vulkanischer Gesteine auf dem Meeresgrunde in der Nähe der Insel, der übrigens der Hauptsache nach von Korallensand bedeckt ist, für dieselbe. Gegen die Auffassung Wharton's lassen sich dagegen doch verschiedene schwerwiegende Bedenken geltend machen. Zunächst erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass, wenn der Korallenkalk nur einen dünnen Mantel bildet, durch die Erosion, welche bei den in dieser Gegend herrschenden häufigen und starken Regen sehr wirksam sein muss, nicht in großer Ausdehnung der vulkanische Kern freigelegt worden ist. Indessen ließe sich diesem Einwand noch durch den Hinweis auf die dichte Vegetation der Insel begegnen, wenngleich dieselbe doch auch nicht von vornherein vorhanden war, sondern sich jedenfalls erst sehr allmählich entwickelt hat. Weit wichtiger ist die Thatsache, dass die Höhe der einzelnen die Terrassen begrenzenden Steilabstürze zum Teil größer ist, als die Tiefe, bis zu welcher riffbildende Korallen leben können, dass namentlich die untersten die Insel begrenzenden Klippen sich unterhalb des Meeresspiegels noch bis zu Tiefen von stellenweise mehr als 200 Meter fortsetzen, dass endlich lebende Korallen offenbar der Steilheit des Absturzes wegen an der Küste der Insel so gut wie gar nicht mehr vorkommen. Das stetige Weiterwachsen der Korallen bei der Hebung der Insel, wie es Wharton annimmt, findet also jedenfalls gegenwärtig nicht mehr statt. Der steile Abhang war ohne Zweifel daher schon vorhanden, ehe die jüngste Erhebung stattfand; und das Gleiche dürfte wohl auch für die Abstürze der erhobenen Terrassen gelten. Mir erscheint es daher weit wahrscheinlicher, dass die Weihnachtsinsel ursprünglich als Atoll oder Doppelatoll in einem Gebiete positiver Bewegung, ähnlich wie die benachbarten Keelingsinseln sich bildete und dann durch vulkanische Thätigkeit zu seiner jetzigen Höhe erhoben wurde. Die Terrassen würden dann nicht Ruhepausen in der negativen, sondern in der positiven Bewegung kennzeichnen, eine Erscheinung, wie wir sie auch an anderen unter positiven Bewegungen gebildeten Korallenriffen und -inseln kennen gelernt haben.

Gegenüber der Westküste des australischen Kontinents finden sich

weiterhin eine Anzahl von Korallenriffen von sehr verschiedenartigem Charakter. Zunächst haben wir eine Anzahl von Strandriffen, welche lange Küstenstrecken umsäumen. Manche derselben entfernen sich sehr weit von der Küste, müssen aber trotzdem zu dieser Klasse von Riffen gerechnet werden, da die zwischen ihnen und der Küste liegenden Meeresteile ganz flach sind. Das auffallendste Beispiel dieser Art von Riffen sind die Houtmansriffe oder Abrolhos in 28 Grad südl. Br. Sie liegen auf dem Rande einer steil abfallenden Bank, welche sich vom Ufer an 20 Seemeilen weit seewärts erstreckt. Die südlichsten dieser Riffe schließen eine Lagune ein, deren Tiefe von 9—27 Meter schwankt, an einer Stelle sogar 42 Meter beträgt (N. M. 1841, p. 511 ff.). Diese Riffe erinnern also am meisten an manche westindische Vorkommnisse, an die Riffe gegenüber der Mosquitoküste und Yukatans.

Sodann aber liegen hier auch eine Anzahl echter Atolle, die allerdings meist untergetaucht sind oder wenigstens nur eine sehr geringe Menge trockenen Landes besitzen. Dahin gehören vor allen Dingen die Rowleyuntiefen zwischen 17 und 18 Grad südl. Br. Dieselben bestehen aus 3 atollförmigen untergetauchten Riffen, von denen das grösste, mittlere, Clerke's Riff 17, das südwestliche, Imperieuseriff 10 und das nordöstliche, Mermaidsriff, 7 Seemeilen lang ist. Alle drei fallen nach außen sehr steil zu großen Meerestiefen ab; unmittelbar am Rande von Clerke's Riff wurden schon Tiefen von 320 Meter gelotet (King, »Narrative of a Survey of the intertropical and western coasts of Australia«. 1818—22, vol. II, p. 390, 391). Die Tiefe der Lagune ist unbekannt, doch dürfte aus der großen Steilheit der äußeren Abhänge wohl mit Sicherheit auf eine stattgehabte positive Bewegung geschlossen werden. Von ganz ähnlicher Bildung, wie die Rowleyuntiefen scheinen die weiter nördlich gelegenen Scottriffe zu sein, doch fehlt es an näheren Angaben über dieselben. Dagegen zeigen die unter 17 Grad südl. Br. ziemlich nahe der Küste gelegenen Lapeyrouseinseln trotz ihrer atollförmigen Gestalt einen anderen Charakter. Es sind drei kleine Inselchen, welche sich auf erhöhten Stellen eines ausgedehnten Gürtelriffs gebildet haben. Die Ostinsel ist bei Hochwasser zum Teil mit Wasser bedeckt, die beiden westlichen sind dagegen höher, bis 3 Meter über Hochwasser. Bei Ebbe fällt auch ein großer Teil des Riffs trocken. Nach außen dacht sich dasselbe sehr sanft ab. In 4—5 Seemeilen Entfernung betragen die Tiefen erst 9—15 Meter (A. H. 1877, S. 586—589; 1878, S. 105, 106). Es handelt sich hier also um die Bildung eines atollförmigen Riffs auf einer ganz flachen Sedimentbank, ähnlich dem Alacranriff auf der Yukatanbank.

Über die weiter nördlich gelegenen Koralleninseln und -riffe besitzen wir verhältnismäßig wenig genauere Nachrichten, namentlich mangelt es an Angaben über die Steilheit ihrer äußeren Böschungen und die Größe der zwischenliegenden Meerestiefen. Es erscheint daher, obgleich manche der Riffe atollförmige Gestalt besitzen, zweifelhaft, ob wir hier positive Bewegungen anzunehmen, oder ob sich die Riffe auf unterseeischen Sedimentbänken gebildet haben. Die Browseinsel ist eine ganz kleine dreieckige Insel ohne Lagune. Ihr mittlerer, nur 370 Meter in der größten Länge messender Teil bildet vielmehr ein ebenes, etwa 5 Meter hohes Plateau, das ganz mit Guano bedeckt ist. Dasselbe ist von einem niedrigen Strande und einem bei Niedrigwasser trocken fallenden Riffe umgeben, welches aus Tiefen von 7—13 Meter senkrecht aufsteigt. Über die weitere Tiefenzunahme fehlen Angaben (A. H. 1877, S. 589—591). Die Bildung des Riffes auf einer unterseeischen Bank ohne Mitwirkung positiver Bewegung erscheint sehr wahrscheinlich. Die Höhe des Plateaus spricht sogar für neuere negative Bewegungen. Die Ashmore- oder Sadieinseln liegen auf einem 18 Seemeilen langen Riffe, das eine, wie es scheint, ziemlich seichte Lagune einschließt. Die einzelnen Inseln haben eine durchschnittliche Höhe von 5 Metern, einzelne erheben sich sogar bis zu 9 und 10 Metern, doch scheint diese Höhe durch Sand- und Guanoanhäufungen hervorgebracht zu sein (A. H. 1878, S. 181). Das Bevanriff ist ein etwa 4 Seemeilen langes Korallenriff, von dem bei Hochwasser einzelne Teile trocken fallen. Das Hiberniariff ist von ähnlicher Bildung (A. H. 1879, S. 431; 1880, S. 156). Ueber die Sahul- und Echobank sind mir nähere Nachrichten überhaupt nicht bekannt. Gegenüber Port Darwin finden sich endlich auch einige Riffe und kleine Koralleninseln, wie die Jonesinsel, die sich offenbar auf unterseeischen Sedimentbänken gebildet haben (A. H. 1886, S. 256).

Wir wenden uns nun zu dem Malayischen Archipel und betrachten zunächst die Inseln des äußeren Bogens. Die Andamanen sind nur teilweise von Riffen umgeben, welche überall den Charakter von Strandriffen zeigen. An den Middle Straits will Kurz (N. M. 1872, p. 315 bis 318) Anzeichen einer geringen Senkung konstatiert haben; er fand dort untergesunkene Baumstümpfe und den Boden durch Bildung von Mangrovesümpfen verändert. Jedenfalls ist der Betrag der positiven Bewegung ein sehr geringer, wenn es sich nicht überhaupt nur um Unterwaschungen durch das Meer handelt. Die Nikobaren sind sämtlich von Strandriffen umsäumt, die durch ihr Wachstum nach außen das Areal der Inseln beständig vergrößern. Auf Kar Nikobar, Bom-

bok und einigen anderen Inseln sind mächtige Korallenbänke, zum Teil aus festem Korallenfels, zum Teil aus Korallen- und Muschelkonglomerat bestehend, 10—12 Meter über den Meeresspiegel gehoben (v. Hochstetter, »Reise der Fregatte Novara«. Geologischer Teil II, S. 83 bis 112).

Die Südküsten von Sumatra, Java, sowie der vorliegenden kleineren Inseln und der meisten der kleinen Sundainseln sind gleichfalls an vielen Stellen von Strandriffen umgeben. An den Küsten Javas zeigt sich dieselbe Erscheinung, wie an den Nikobaren, dass das Land durch das Wachstum der Riffe vergrößert wird. Auch finden sich hier häufig Riffe bis zu Höhen von 15 Meter gehoben (Junghuhn, »Java« II, S. 953; III, S. 201—203). Ein der Küste vorgelagertes, durch die Mündung des Tji-Laut-örön von ihr getrenntes und ebenfalls 12—15 Meter gehobenes Riff hat v. Richthofen (D. G. G. XXVI, 1874, S. 234—247) beschrieben. Dasselbe fällt nach allen Seiten steil ab, und glaubt v. Richthofen zu seiner Bildung eine positive Bewegung annehmen zu müssen, der dann eine negative gefolgt sei.

Südwestlich von Timor liegt eine kleine atollförmige Koralleninsel, die Danainsel, mit sehr seichter und brackischer Lagune (S. M. S. Gazelle, A. H. 1876, S. 50). Über ihre äußeren Abdachungen fehlen genauere Angaben, doch sollen sie ziemlich steil sein. Wahrscheinlich hat sich die Insel auf einer vorgelagerten Bank ohne Mitwirkung einer positiven Bewegung gebildet. In der Mitte der Bandasee bilden ferner die Luciparainseln ein kleines Atoll. Die Lagune desselben ist flach. Auf dem Riff liegen mehrere ganz kleine und niedrige Inseln. Nach außen fällt das Riff sehr steil zu großen Meerestiefen von über 1000 Meter ab (S. M. S. Gazelle, A. H. 1876, S. 53). Wie die Bildung dieses Atolls zu erklären ist, bleibt zweifelhaft. Die Bandasee ist ja wohl jedenfalls als Einbruchskessel aufzufassen, und daher ist die Möglichkeit, dass das Atoll dieser Senkung seine Entstehung verdankt, nicht ausgeschlossen. Wahrscheinlicher erscheint mir jedoch die Annahme, dass die Grundlage desselben ein Vulkankegel bildet, ähnlich dem im Südwesten benachbarten Gunung-API, der aus Tiefen von nahezu 5000 Meter steil in die Höhe steigt.

Im Osten der Bandasee liegen mehrere gehobene Koralleninseln, die Drei Brüder-Inseln und die Klein Key-Inseln. Von den ersteren ist die größte Pulo-Ta 120, die beiden kleineren 30—45 Meter hoch; die Klein Key-Inseln, welche sich aus den drei größeren Inseln Key-Keccil, Letman und Hogian und zahlreichen kleinen Eilanden zusammensetzen, haben eine mittlere Höhe von 60 Meter. Sämtliche Inseln

bestehen aus festem Korallenfels, nur die obersten Schichten werden von Sand und Humus gebildet (Chall. I, p. 558—560; A. H. 1875, S. 228—238). Die Mächtigkeit des Korallenfelsens weist auf eine hier früher stattgefundene positive Bewegung hin, die vielleicht mit dem Einbruch der Bandasee im Zusammenhang steht. Doch steht über das Alter des Korallenfelsens nichts fest; Sueß hält ihn für tertiär und seiner Ansicht möchte ich mich im ganzen anschliessen. Gehobene Korallenriffe, jedoch von geringerer Höhe, finden sich auch auf den östlich benachbarten Arruinseln, namentlich auf der nordwestlichsten derselben, Wokan, wo die gehobenen Riffe sich unter einem Winkel von 20 Grad gegen das Meer neigen (Chall. I, p. 544).

Wenden wir uns nun wieder nach Westen zu der inneren Seite des malayischen Bogens, so finden wir an der Küste von Malakka, die überall niedrig und sumpfig ist, nur vereinzelt Riffe in der Umgebung von Singapore, dagegen sind die zwischen dieser Halbinsel und Borneo gelegenen Anamba-, Natuna- und Tambelaninseln sämtlich von Riffen umgeben, die aber überall nur den Charakter von Strandriffen tragen (Darwin S. 185). Zahlreiche Korallenriffe finden sich ferner in der Karimata- und Gasparstraße. Auf manchen derselben sind die Korallen abgestorben, während sie auf anderen noch üppig wachsen. Die meisten Bänke fallen bei Ebbezeit trocken, andere liegen bis zu 6 Meter unter Wasser; sie fallen nach außen steil ab, so dass sich in geringer Entfernung meist schon Tiefen von 25—40 Meter finden (A. H. 1877, S. 277—281). Die Momprang- oder Montaraninseln an der westlichen Grenze der Karimatastraße sind eine Gruppe niedriger Inseln, die von zahlreichen Riffen umgeben sind, welche die zwischenliegenden Kanäle derartig verstopfen, dass keine brauchbare Passage hindurchführt. Die einzelnen Bänke fallen auch steil auf Tiefen von 30—40 Meter ab. Die ganze Formation des Meeresbodens macht den Eindruck, als wäre hier am Meeresboden die Formation der benachbarten Insel Billiton wiederholt. Die steil aufsteigenden Inseln, Klippen und Riffe gleichen den über die niedrige Ebene von Billiton zerstreuten, steil aufsteigenden Hügeln (A. H. 1881, S. 684—687; 1882, S. 385—388).

Die Süd- und Westküste von Borneo ist infolge des sehr flachen und schlammigen Ufers frei von Riffen. Erst gegen die Balabakstraße zu treten Riffe auf, die sich in einer mittleren Entfernung von 5 Seemeilen von der Küste hinziehen, aber trotzdem als Strandriffe aufzufassen sind, da der zwischen ihnen und der Küste liegende Kanal ganz seicht ist (Darwin S. 186). Etwas reicher ist die Nordostküste von Borneo mit Riffen bedacht. Die hier vorhandenen Riffe, das Nympe-

Pegasus-, Renéiriff und die Maggiebank zeigen wesentlich denselben Charakter, wie die eben erwähnten. Sie entfernen sich weit von der Küste, die Maggiebank bis auf 14 Seemeilen, und fallen nach außen ziemlich steil ab, während zwischen ihnen und der Küste sich nur ganz flaches Meer befindet (A. H. 1885, S. 506—511). Die Küsten von Celebes scheinen vielfach von Riffen umgeben zu sein, doch fehlt es über dieselben an genaueren Nachrichten. Darwin (S. 182, 183) glaubt, dass einige atollförmig seien, und hält eine Senkung in diesem Gebiete daher für wahrscheinlich. Die z. T. zu bedeutenden Höhen erhobenen Korallenriffe im südwestlichen Celebes, welche v. Richthofen (D. G. G. XXVI, 1874, S. 239) beschreibt, und die ihn vielfach an die Dolomitberge Südtirols erinnerten, gehören wohl sicher der tertiären Zeit an.

Die den Übergang zu den Philippinen bildenden Suluinseln sind von Strandriffen und zahlreichen Korallenuntiefen umgeben. Die 10 Seemeilen lange und ganz niedrige Insel Pangutaran scheint ganz aus totem Korallengestein zu bestehen. Auch in der Sulusee finden sich zahlreiche Korallenuntiefen. Längs der ganzen nordwestlichen Küste von Palawan, welche die Sulusee im Norden begrenzt, erstreckt sich bis auf 20—30 Seemeilen von der Küste eine ausgedehnte Sedimentbank, die sich allmählich bis auf 50 Meter Tiefe senkt und in einiger Entfernung von der Küste dicht mit Korallen besetzt ist (Darwin S. 186, 191; N. M. 1871, p. 360; A. H. 1885, S. 506—511). Die Philippinen sind schon im ersten Abschnitt besprochen. Wir sahen dort, dass die Riffe, welche deren Küsten umgeben, fast ausschließlich als Strandriffe auftreten. Die vereinzelt atollförmigen Bildungen wurden durch die Wirkungen der Meeresströmungen erklärt. Jung erhobene Riffe, die noch mit lebenden zum Teil in unmittelbarem Zusammenhang stehen, sind in dem ganzen Gebiet der Philippinen weit verbreitet, sodass wir hier eine noch fortschreitende negative Bewegung annehmen müssen.

Dagegen haben wir im Westen der Philippinen wieder ein ausgedehntes Senkungsgebiet vor uns. Es kann wohl kaum zweifelhaft sein, dass die Randmeere, welche die Inselguirlanden Ostasiens von dem asiatischen Festlande trennen, als riesige Einbruchskessel aufzufassen sind. Von diesen Randmeeren liegt allerdings nur das südlichste, das Chinesische Meer, innerhalb des Korallengürtels; die in demselben gelegenen Korallenriffe und -inseln rechtfertigen aber auch durchaus die Voraussetzung einer hier stattgehabten und wahrscheinlich noch fortschreitenden Senkung.

Westlich von Palawan liegen eine ganze Anzahl untergetauchter

Korallenriffe, von denen die meisten allerdings noch sehr wenig erforscht sind, die aber alle denselben Charakter zu besitzen scheinen. Sie sind von atollförmiger Gestalt mit erhöhtem Rand und einem tieferen inneren Raum und fallen nach außen steil zu großen Meerestiefen ab. Die bedeutendste, die Tizardbank, ist 32 Seemeilen lang und 10 breit, die Tiefe des inneren Lagunenraumes beträgt 55—87 Meter, während der erhöhte Rand nur 7—18 Meter unter dem Meeresspiegel liegt; auf demselben finden sich die Korallen in üppigem Wachstum, während sie auf den meisten der anderen Riffe abgestorben sind (Wharton, »Coral formations«. Nat. XXVII, 1888, p. 393—395). Im nördlichen Teil des Chinesischen Meeres haben wir dann ferner die große Macclesfieldbank und die Gruppe der Paracelinseln. Die erstere ist 75 Seemeilen lang und im Durchschnitt 37 breit, von ovaler Form, mit einer starken Einbuchtung an der Südwestseite. Der $\frac{1}{4}$ —3 Seemeilen breite Rand besteht aus totem Korallenfels; die Wassertiefe auf ihm beträgt 17 bis 28 Meter. Im Inneren schwanken die Tiefen zwischen 50 und 110 Meter. Der Grund ist Sand mit einzelnen Korallenstellen. Die Bank steigt sehr steil aus Tiefen von über 2000 Meter auf. Am schroffsten ist der Abfall an der Südseite, wo das Riff fast senkrecht auf 1097 Meter Tiefe abstürzt. Die Ost- und Westseite sind kaum weniger steil, dagegen ist im Norden die Abdachung sanfter. Vom Riffrende fällt die Bank allerdings zunächst auch steil auf 100 Meter Tiefe ab, dann folgt aber eine sehr allmähliche Abdachung bis zu Tiefen von 360 Meter, und erst in einer Entfernung von 13 Seemeilen vom Riffrende folgt dann ein neuer steiler Absturz zu großen Meerestiefen (A. H. 1882, S. 448, 449).

Die Paracelinseln sind in neuester Zeit durch die deutsche Korvette »Freya« und das Kanonenboot »Iltis« sehr genau aufgenommen worden (A. H. 1881, S. 478—485; 1885, S. 21—30). Dieselben bestehen aus einer Anzahl mehr oder weniger deutlich atollförmiger Inseln und Riffe. Am deutlichsten tritt die Atollform in der nordwestlichen Crescentgruppe und den beiden im Süden gelegenen Discovery- und Bombayriff hervor. Das Riff der Crescentgruppe schließt eine Lagune mit 40—50 Meter Tiefe ein, in welche mehrere ziemlich breite und tiefe Kanäle führen, der bedeutendste auf der Südseite. Auf dem Riff liegen mehrere Inseln von beträchtlicher Größe, von denen die Monnyinsel ziemlich weit nach Südwesten vorspringt. Nach außen fällt das Riff steil ab. Discovery- und Bombayriff sind vollständig geschlossene Riffe, die beständig unter Wasser liegen. Die inneren Lagunen, zu welchen nur wenige schmale Eingänge führen, sind noch

nicht vermessen, scheinen aber ziemlich tief zu sein. Der äußere Abfall ist ebenfalls sehr steil. In 500 Meter Entfernung vom Rande des Bombayriffs wurde nur an wenigen Stellen bei 200 Meter Tiefe noch Grund gefunden, meist waren die Tiefen sehr viel bedeutender. Im äußersten Südwesten der Gruppe liegt die kleine nur 2000 Meter lange und 1000 Meter breite Tritoninsel, die von einem 3 Seemeilen langen und 2 Seemeilen breiten Riff umgeben wird, das sehr steil abfällt, sodass 20 Meter von seinem Rande die Tiefen schon 80 bis 150 Meter betragen. Die Inseln der Amphitritegruppe, welche den nordöstlichen Teil der Paracelinseln bildet, liegen auf einem halbmondförmigen Riff, das seine konvexe Seite nach Osten kehrt und bei Ebbe zum Teil trocken fällt. Durch einen $4\frac{1}{2}$ Seemeilen breiten und 55 bis 70 Meter tiefen Kanal wird dasselbe in zwei Teile, einen nördlichen und einen südlichen geteilt. Im Südosten der Amphitritegruppe endlich liegt die 1,3 Seemeilen lange und $\frac{1}{2}$ Seemeile breite Lincolninsel, die ebenfalls von einem bei Ebbe trocken fallenden Riffe umgeben ist. Die ganze Paracelgruppe hat ursprünglich wohl eine einzige große atollförmige Bank gebildet, die an Größe der Macclesfieldbank gleichkommen würde, und hat sich später ähnlich einigen Atollen des Maldivaarchipels in eine Anzahl kleiner Atolle und atollförmiger Bänke aufgelöst.

Wir treten nun in den Stillen Ozean selbst ein und betrachten zunächst den südwestlichen Teil desselben, die Küsten Neu-Guineas und des Bismarckarchipels und das Korallenmeer mit seinen Umgebungen. An dem westlichen Ende Neu-Guineas treffen wir zunächst auf die Gruppe der Papuainseln. Die größeren derselben sind hohe gebirgige Inseln, welche vielfach von Strandriffen umgeben sind; einige der kleineren dagegen gehören der Korallenformation an. Die bedeutendsten der letzteren sind die Aiuinseln im Nordosten von Waigiu, 20 niedrige Koralleninseln, welche auf zwei Riffen oder im Inneren derselben gelegen sind. Die Riffe, welche durch einen breiten Kanal getrennt sind, sind vielleicht als Barrierriffe aufzufassen. Ebenso sind die drei weiter nördlich gelegenen Fan- oder Asiainseln von einem gemeinsamen Riff umschlossen (Meinicke, »Inseln des Stillen Ozeans« I, S. 78—85).

Die westlichste Halbinsel Neu-Guineas bis zur Geelwinkbai hat auf ihrer südwestlichen Seite meist sumpfige Flachküste, welche frei von Korallenriffen zu sein scheint. Dagegen ist die gebirgige Nordküste mit Strandriffen umsäumt, auch liegen einzelne kleine Koralleninseln derselben vor. Die granitischen Gebirge sind ziemlich hoch

hinauf mit gehobenem Korallenkalk bedeckt, dessen Alter jedoch unbekannt ist (Meincke I, S. 86—92). Diese Korallenkalkberge ziehen sich auch der westlichen Küste der Geelwinkbai entlang und mehrere gehobene Koralleninseln liegen vor derselben. Auch die Inseln im südlichsten Teil der Geelwinkbai scheinen aus Korallenkalk zu bestehen, sind aber niedrig und von lebenden Riffen umgeben. Die großen Inseln im Norden der Bai sind vulkanische Bildungen mit zum Teil noch thätigen Vulkanen und frei von Riffen. An das Ostende der Schouteninsel schließt sich jedoch eine Gruppe niedriger, von zahllosen Riffen und Klippen umgebener Koralleninseln, die Verräterinseln, an (Meincke I, S. 95, 96). Östlich von der Geelwinkbai wird die Bildung von Riffen durch die Schlamm Massen des großen Flusses Amberno verhindert. Weiter nach Osten treten Strandriffe dagegen vereinzelt und gegen die Dampierstraße zu zahlreicher auf. Auch besteht die Küste selbst stellenweise aus Korallenkalk, der bis zu Höhen von 4—5 Meter sich erhebt. Einige Koralleninseln liegen der Küste vor, so die Grone-mann-, Colomb-, König- und Nielseninseln, von denen die meisten niedrig, einige aber um ein paar Meter gehoben sind (Bericht des Landeshauptmanns Viceadmirals v. Schleinitz, A. H. 1887, S. 181 bis 198).

Die Arafurasee, welche Neu-Guinea im Südwesten begrenzt, ist außerordentlich seicht. Die Tiefen bleiben stets unter 100 Meter, betragen meist nur 50—70 (Chall. I, p. 544). Korallenriffe scheinen an ihren flachen Küsten nicht vorhanden zu sein, doch ist unsere Kenntnis von denselben noch eine außerordentlich lückenhafte. Dagegen ist die Torresstraße derartig mit Korallenriffen erfüllt, dass zwischen $141^{\circ} 50'$ und $145^{\circ} 40'$ östl. Länge für die Schifffahrt nur einzelne seenartige Becken und schmale Kanäle übrig bleiben. Zuerst treten im Westen der Straße eine Anzahl von Riffen auf, die von der Küste Neu-Guineas auf etwa 40 Seemeilen zusammenhängend zu sein scheinen, während die weiter südlich gelegenen sich mehr in ostwestlicher Richtung erstrecken und eine Anzahl schiffbarer Kanäle zwischen sich frei lassen. Dann folgt im Osten ein breiter Meeresarm, der ziemlich frei von Riffen und außerordentlich flach ist. Die Tiefen in demselben überschreiten fast nirgends 20 Meter. Dieser Meeresarm wird im Osten durch das große Warriorriff begrenzt, das fast die ganze Straße in der Richtung von Nord nach Süd durchsetzt. Es erhebt sich meist bis nahe zum Meeresspiegel und einzelne kleine Inseln haben sich auf ihm gebildet. An mehreren Stellen wird es von schiffbaren Kanälen durchbrochen. Östlich von ihm liegen noch außerordentlich

zahlreiche Riffe, zwischen denen nur einzelne schmale und gewundene Kanäle hindurchführen, und auf denen sich auch vielfach kleine Inselchen gebildet haben. Den südöstlichsten Teil der Torresstraße endlich nimmt das nördliche Ende des großen Australriffs ein (Meinicke I, S. 112—115).

Die östliche Halbinsel von Neu-Guinea ist im Süden fast in ihrer ganzen Länge von einem ausgedehnten Barrierriff begleitet, das einen breiten und tiefen Kanal zwischen sich und der Küste frei lässt und an mehreren Stellen von schiffbaren Passagen durchschnitten wird. Von der Redscarbai bis Kap Colombier erhebt es sich bis zum Meeresspiegel, weiter östlich dagegen wird es submarin, sodass es hier die Annäherung an die Küste nirgends hindert. Es geht noch weit über die Ostspitze von Neu-Guinea hinaus und nähert sich den Riffen des Louisiadearchipels bis auf wenige Meilen, wird jedoch durch einen tiefen Kanal von ihnen getrennt (Meinicke I, S. 108). Die Inseln dieses Archipels und ebenso die ihnen im Nordosten parallel laufenden und ihm häufig noch zugerechneten Inseln der Kirvirai- und Majugruppe sind teils hohe Inseln, die von ausgedehnten und häufig untergetauchten Barrierriffen umgeben sind, teils Atolle. Zu den ersteren gehören Kirvirai, die Calvadosinseln und Rossel, zu den letzteren Maju, Renard, Boyens, Bonvouloir, die Duperré-Inseln, das Sucklings- und Longriff, von denen die beiden letzteren fast ganz untergetaucht sind (Meinicke I, S. 103 bis 107).

Mit dem Louisiadearchipel sind wir bereits in das Korallenmeer eingetreten, zu dessen Betrachtung wir uns jetzt wenden. Seine westliche Begrenzung bildet die Küste des australischen Festlandes, die hier auf fast ihrer ganzen Erstreckung von dem großen Barrierriff begleitet wird (vergl. über dasselbe Flinders, »Voyage to Terra Australis« 1822, vol. II, p. 88 ff.; Beete Jukes, »Narrative of the voyage of the Fly« 1847, vol. I, chapt. XIII). Dasselbe beginnt schon in der Torresstraße nordöstlich von Kap York nahe unter 10 Grad südl. Br. und zieht sich in südöstlicher Richtung durch mehr als 12 Breitengrade bis über den 22 Grad südl. Br. hinaus hin. Es läuft der Küste durchaus parallel und wiederholt alle größeren Ein- und Ausbuchtungen derselben in etwas abgerundeterer Form. Seine Entfernung von der Küste nimmt im allgemeinen von Norden nach Süden zu; im nördlichen Teil beträgt sie nur 20—30, im südlichen dagegen 50—90 Seemeilen. Die Breite des Riffes selbst schwankt zwischen 300 Meter und einer Seemeile. Inseln haben sich auf ihm nur wenige und von geringer Größe gebildet. Zahlreiche Eingänge, von denen viele einen sehr gewundenen

Verlauf zeigen, führen durch das Riff in den Lagunenkanal, doch sind nur einige derselben für größere Schiffe befahrbar. Einen eigentümlichen Verlauf zeigt das Riff zwischen $11^{\circ} 12'$ und $11^{\circ} 20'$ südl. Br., wo es nicht, wie sonst, geradlinig oder in sanft gekrümmtem Bogen verläuft, sondern eine tiefe Bai, die Wreckbai mit zwei vorspringenden Ecken bildet. Innerhalb derselben ist das Meer außerordentlich tief. Abgesehen von der unmittelbaren Nachbarschaft des Riffes wurde nur an einer Stelle in der Bai Grund gefunden und zwar in einer Tiefe von 522 Meter. Die äußere Abdachung des großen Barrierriffs ist überhaupt fast überall eine sehr steile. Unmittelbar außerhalb der Brandung betragen die Tiefen schon 55—145 Meter, und in einer halben Seemeile Entfernung vom Riffande findet sich bei 220 Meter Tiefe fast nirgends mehr Grund. Nur im nördlichsten und südlichsten Teile ist die Abdachung eine weit sanftere. So überschreitet die Tiefe zwischen dem Nordende des Riffs und den ihm östlich vorgelagerten Purtlockriffen 110 Meter nicht. Ebenso sind die Swainsriffe, welche das Südende des großen Barrierriffs bilden, nach außen sehr sanft abgedacht. In $21^{\circ} 53'$ südl. Br. wurde 15 Seem. vom Rande des Riffes nur eine Tiefe von 152 Meter und 50 Seem. weiter nördlich in 3—4 Seem. Entfernung nur Tiefen von 70—90 Meter gelotet. Die Swainsriffe zeigen aber auch bereits nicht mehr den Charakter eines eigentlichen Barrierriffs, dasselbe hat sich hier vielmehr in eine Anzahl einzelner Riffe aufgelöst, die auf einer gemeinsamen, sich sanft nach Osten neigenden Bank liegen.

In dem Lagunenkanal zwischen dem Barrierriff und der Küste liegen ebenfalls noch zahlreiche Riffe, die teilweise die Oberfläche des Wassers erreichen und vereinzelt auch kleine Inseln tragen, teilweise mehrere Meter unter Wasser liegen. An manchen Stellen finden sich die Riffe so gedrängt, dass sie fast den ganzen Lagunenkanal einnehmen und nur schmale Durchfahrten frei lassen. Meist aber führen breite und sichere Kanäle zwischen ihnen durch. Die Tiefe derselben beträgt im Norden nur 20—45 Meter, nimmt aber nach Süden allmählich bis auf 110 Meter zu. Der Boden besteht aus Sand, Korallen- und Muscheltrümmern.

Dem großen Barrierriff sind an einzelnen Stellen noch Korallenriffe und Inseln vorgelagert, wie die Purtlock- und Booteriffe gegenüber dem Nordende, »Yule's Detachet Riff«, das »Great Detachet Riff« und Raine-Insel in der Nähe der Wreckbai. Dieselben besitzen Atollform und steigen auf allen Seiten steil aus Tiefen von meist mehr als 200 Meter auf. So wurde zwischen dem »Great Detachet Riff« und

dem Barrierriff nur an zwei Stellen der Boden erreicht in Tiefen von 192 und 247 Meter; und unmittelbar südlich vom Rande des Riffes betrugen die Tiefen bereits 320 bis 360 Meter. Beim Riff von Raine-Insel beträgt im Durchschnitt der Neigungswinkel 55 Grad, nur nach Nordwesten dacht sich das Riff sanfter ab, da hier in einer Seemeile Entfernung die Tiefe erst 293 Meter beträgt. Auch die Lagunen der Riffe sind zum Teil von beträchtlicher Tiefe; so ist die des »Great Detachet Riff« 36—55 Meter tief, die von Yule's Riff scheint noch tiefer zu sein, Raine-Insel dagegen hat eine ganz flache brackische Lagune (vergl. auch Chall. I p. 530).

Südlich der Swainsriffe, mit denen das große Barrierriff endigt, findet sich ein 50 Seem. breiter riffreier Meeresarm, in welchem die Tiefen vom Lande aus sehr allmählich zunehmen. Die 36 Meter-Linie liegt im Durchschnitt 30—40 Seem. von der Küste entfernt. Südlich dieser rifffreien Zone folgen wieder Riffe, welche in ihrer Bildung den Swainsriffen gleichen. Sie liegen auf einer ausgedehnten Sandbank, welche sich an das Sandykap anschließt.

Das Korallenmeer selbst ist reich an Korallenriffen. Dieselben sind fast alle von atollförmiger Gestalt und fallen nach außen steil zu bedeutenden Tiefen ab. Inseln tragen nur wenige derselben und auch diese sind meist von geringer Größe. Die Lagunen sind noch wenig erforscht, einige scheinen tief zu sein, andere dagegen ganz flach. Zwei Gruppen von Riffen lassen sich unterscheiden. Die eine zieht dem großen Barrierriff parallel, die andere liegt östlich und nordöstlich von Neu-Caledonien. Zu der ersteren Gruppe gehören die Surkling-, Osprey-, Bougainville-, Coringa-, Frederic- und Bird-, zu der letzteren die Avon-, Bampton-, Bellona-, Nereus-, Farway- und Tamarriffe (vergl. über dieselben King, »Narrative of a survey of the intertropical and western coasts of Australia 1818—1822«. vol. II. p. 380—392. A. H. 1879. S. 47—49). Der centrale Teil des Korallenmeers dagegen zwischen Neu-Caledonien und dem Louisiadearchipel, der auch die größten Tiefen enthält, scheint ganz frei von Riffen zu sein.

Außerhalb des eigentlichen Korallenmeeres finden sich im Süden noch zwei Korallenbildungen. Die erste ist das Elisabethriff unter 29° 56' südl. Br. Dasselbe ist kreisrund und fällt bereits bei halber Ebbe trocken. Die Lagune ist im Süden von Korallenstellen, im Norden von Sand fast ganz angefüllt, war aber im Anfang dieses Jahrhunderts noch tief. Außen beträgt die Tiefe in 1/2 Seem. Entfernung 73—100 Meter, nur im Nordwesten zieht sich eine Sandbank mit einer

Tiefe von höchstens 6 Meter bis auf eine Entfernung von 1 Seemeile vom Riffande hin. Dann folgt überall steiler Absturz zu großen Meerestiefen (King II. p. 384; A. H. 1877. S. 424—426). Ferner nimmt an dem Aufbau von Lord Howe's Insel unter $31^{\circ} 36'$ südl. Br. Korallenkalk erheblichen Anteil. Die Insel ist von halbmondförmiger Gestalt und im Westen von einem Korallenriff umgeben. Die zum Teil ziemlich hohen Berge der Insel sind vulkanischen Ursprungs. Gehobene Korallenkalksteine sind daneben sehr verbreitet. Die Ansicht Hill's (*»A visite to Lord Howe's Island«*. N. M. 1870 p. 145—150), dass die Insel ursprünglich aus einer Reihe von Atollen bestanden habe, die dann durch weitere Korallenbauten mit einander verbunden und durch vulkanische Kräfte gehoben seien, wird widerlegt durch die Auffindung tertiärer Landtiere auf der Insel. Es scheint dieselbe vielmehr der Rest einer einst größeren und dann gesunkenen Landmasse zu sein.

Die östliche Umrandung des Korallenmeeres bildet, im Süden begonnen, zunächst die große Insel Neu-Caledonien. Ich habe dieselbe samt den ihr östlich benachbarten Loyaltyinseln schon an einer früheren Stelle (S. 72) eingehend besprochen, so dass ich hier auf meine dortigen Ausführungen lediglich verweisen kann. Es folgt im Nordosten der Archipel der Neu-Hebriden. Die Inseln desselben sind sämtlich vulkanisch; auf einigen, wie Tanna und Palma, finden sich noch lebhaft thätige Vulkane. Auch unterseeische Eruptionen sind in der Nähe der Inseln wiederholt beobachtet worden. Riffe finden sich meist nur längs breiterer Küstenebenen und ausschließlich in der Form von Strandriffen. In der Mittelgruppe ist außerdem noch ein isoliertes Korallenriff, das gefährliche Roworiff, vorhanden, auf dem sich drei kleine Inselchen gebildet haben. In der Südgruppe ist die kleine Insel Aniwa oder Nina, eine bis zu 30 Meter Höhe gehobene Koralleninsel, die einzige ihrer Art in dem ganzen Archipel (Meincke I. S. 178—193. A. H. 1879. S. 25—31 und 132—140; Chall. I. p. 517). Alte Strandlinien und gehobene Riffe wurden jedoch von Hoskin (Geol. Mag. New. ser. III. 1876. p. 82. 83) an mehreren Inseln, wie Tanna, Eromango, Sandwichs-, Pentkroftinsel, nachgewiesen, doch betrug ihre Höhe über dem Meeresspiegel nirgends mehr als 5—9 Meter.

Einen durchaus anderen Charakter zeigen die nördlich folgenden Königin Charlotte-Inseln (Meincke I. S. 167—177. Darwin S. 30, 48, 73). Dieselben sind freilich auch vorwiegend vulkanische Inseln, und eine derselben, Tenakora, trägt einen noch thätigen Vulkan. Aber zwei der Inseln, Vanikoro und Tupua, sind von ausgedehnten Barrier-

riffen umgeben, die durch breite und tiefe Kanäle von den Inseln getrennt sind. Die Tiefe des Lagunenkanals beträgt bei Vanikoro fast überall 50—70 Meter, an der tiefsten Stelle 103 Meter. (Diese Zahl giebt Darwin; in der Brit. Adm. Karte 986 finde ich sie nicht, jedoch zahlreiche Stellen mit Tiefen von mehr als 80 Meter.) Mehrere breite Eingänge führen durch das Riff in den Lagunenkanal, und an der Westseite ist derselbe fast ganz offen. Das Riff ist teilweise untergetaucht; Inselchen haben sich nur an sehr wenigen Stellen auf ihm gebildet. Die Insel selbst zeigt tiefe Einschnitte, welche ebenfalls auf eine positive Bewegung hindeuten. Die übrigen Inseln der Gruppe sind infolge ihrer großen Steilheit, mit der sie aus bedeutenden Tiefen aufsteigen, fast frei von Riffen; dagegen schließen sich einige kleine und ganz niedrige Koralleninseln im Norden an die Gruppe an. Dieselben scheinen ein größeres und mehrere kleine Atolle zu bilden (Brit. Adm. Karte 17). Die Insel Tukopia im Südosten der Königin Charlotte-Inseln ist wahrscheinlich eine erhobene Koralleninsel, die von einem vulkanischen Pik durchsetzt ist, doch giebt die Beschreibung bei Dumont d'Urville (*»Voyage de l'Astrolabe.«* V. p. 180) keine ganz bestimmten Angaben.

Weiter nach Nordwesten treffen wir dann auf den ausgedehnten Archipel der Salomonsinseln. Dieselben haben durch die neueren Untersuchungen Guppy's (*»The Salomon Islands«* 1887, ferner Nat. XXXIII. 1885. p. 202—205; Transactions of the royal society of Edinburgh XXXII. 1885. p. 545—583; Proc. of the royal soc. of Edinburgh XIII. 1885/86. p. 857—904; vergl. außerdem A. H. 1876. S. 11 u. 441, 1879. S. 468 ff., 1887. S. 241 ff.) für unsere Frage eine besondere Bedeutung erlangt, und ich habe daher schon an verschiedenen Stellen auf dieselben hinzuweisen und einzelne der Inseln und Riffe zu besprechen Gelegenheit gehabt. Trotzdem erscheint eine kurze zusammenfassende Übersicht über die dortigen Verhältnisse an dieser Stelle notwendig. Die Inseln scheinen vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen verschiedenen Alters, namentlich Quarzdiorit, Gabbro, Augit-Andesit u. a. zu bestehen. Das Innere der großen Inseln ist freilich noch fast gänzlich unerforscht, aber die durch die Flüsse herabgeführten Rollstücke gehören fast alle den erwähnten Gesteinsarten an. Auch haben die meisten der Berge das Aussehen vulkanischer Piks, doch finden sich daneben, z. B. auf Bougainville, auch langhin gezogene Grate ohne ausgesprochene Gipfelbildung, die wohl schwerlich aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut sind. Aktive Vulkane scheinen den

Inseln zu fehlen, und die vulkanische Thätigkeit äußert sich nur in dem Auftreten heißer Quellen und Solfataren.

Die Riffe, welche die Salomonsinseln umgeben, sind meist Strandriffe oder isolierte Riffe, welche 10—20 Meter unter dem Wasserspiegel liegen. Doch fehlt es auch nicht an Barrierriffen, welche namentlich an der westlichen Seite der Inseln Bougainville und Choiseul und in der diese Inseln trennenden Bougainvillestraße auftreten. Auch einzelne Atolle sind vorhanden. Dieselben sind an einer früheren Stelle bereits besprochen worden.

Negative Bewegungen haben in dem ganzen Archipel in großem Umfang stattgefunden. Nicht nur sind einige der kleineren Inseln gehobene Atolle oder Barrierriffe, deren wichtigste auch bereits besprochen sind, sondern auch auf den größeren Inseln finden sich erhobene Korallenriffe oder Reste derselben stellenweise bis zu einer Höhe von mehreren hundert Metern. Die Grundlage derselben bildet meist vulkanischer Schlamm, der häufig reich an Foraminiferenschalen ist, stellenweise findet man aber als Untergrund der Riffe entschiedene Tiefseeablagerungen, wie sie sich nur in Tiefen von mehr als 2000 Meter finden. Der Betrag der negativen Bewegung muss daher stellenweise ein sehr bedeutender gewesen sein; Guppy berechnet ihn auf mindestens 12000 Fuß (etwa 3600 Meter), eine Zahl, die allerdings wohl etwas zu hoch gegriffen sein dürfte. Jedenfalls ist die negative Bewegung aber in den einzelnen Teilen des Archipels von verschiedener Größe gewesen, ohne dass jedoch eine bestimmte Gesetzmäßigkeit dabei hervortritt. Auch verteilt sich die negative Bewegung auf sehr große Zeiträume, und sind mehrfach längere Pausen in derselben eingetreten. Das beweisen die weitverbreiteten Terrassenbildungen und die konzentrischen gehobenen Barrierriffe, wie sie namentlich in Alu so schön sichtbar sind und die sich jedenfalls nur während Perioden der Ruhe oder vielleicht sogar während positiver Phasen, durch welche die vorwiegende negative Bewegung unterbrochen wurde, gebildet haben.

Daneben fehlt es aber auch nicht an Anzeichen von positiven Bewegungen. Die Inseln Bougainville und Choiseul setzen sich in die Bougainvillestraße in fast ebene Plateaus fort, die 55—90 Meter unter dem Meeresspiegel liegen und durch einen allerdings nur 2 Seemeilen breiten Zug von gleicher Höhe verbunden sind. Der Rand dieser Plateaus fällt dann rasch auf 180 Meter und mehr ab. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass die beiden Inseln einst zusammenhingen und erst durch eine eingetretene positive Bewegung getrennt sind. Dafür spricht ferner der Umstand, dass die Barrierriffe der Bougain-

villestraße sich genau längs des Randes dieser Plateaus erstrecken, ein Umstand, der schwer erklärlich ist, außer wenn man annimmt, dass der Plateaurand die alte Küste darstellt, längs der sich die Riffe ursprünglich als Strandriffe bildeten und dann durch die positive Bewegung in die Barrierriffe verwandelt wurden. Guppy giebt ferner an, dass, während alle gehobenen Riffe der Salomonsinseln auf vulkanischem oder Foraminiferenschlamm ruhen, derartige Ablagerungen an den Außenseiten der Barrierriffe von Choiseul und Bougainville niemals aufgefunden wurden, obgleich hier gegen 300 Lotungen angestellt wurden, die sich bis zu Tiefen von 90 Meter erstreckten. Der Boden bestand vielmehr überall aus mehr oder weniger groben Trümmern von Korallen, Muscheln und sonstigen Hartteilen von See-tieren, auf denen sich erfahrungsgemäß riffbildende Korallen nicht leicht ansiedeln. Guppy zieht daraus den Schluss, dass die Korallen hier ihre Bauten in Tiefen unter 90 Meter begonnen haben. Da diese Tiefe aber die äußerste Grenze, bis zu welcher man Riffkorallen lebend gefunden hat, noch um ein sehr beträchtliches überschreitet, so ist wohl vielmehr der Schluss berechtigt, dass die betreffenden Barrierriffe sich unter Mitwirkung einer positiven Bewegung gebildet haben. Ebenso kann die Bildung des Rua-Sura-Atolls mit seiner 67 Meter tiefen Lagune ohne eine solche nicht wohl erklärt werden.

Im Nordosten der Salomonsinseln erstreckt sich ferner demselben parallel eine ausgedehnte Kette von Atollen und atollförmigen Riffen. Die nordwestlichsten derselben sind die Carteret-Nine-Inseln, 6 reich bewaldete Inseln von geringer Ausdehnung auf einem ungewöhnlich breiten Ringriff, auf dem außerdem noch zahlreiche große Korallenblöcke über Wasser sich erheben. Von den beiden südlich zunächst folgenden Atollen Marken und Palowi trägt das erstere 13 kleine Inseln auf dem Riff, das letztere allerdings nur eine kleine Zahl von Inseln, aber die größte derselben nimmt die ganze Ostseite des Riffs ein. Das nächste Atoll Linnuwa ist das ausgedehnteste der Gruppe. Es erstreckt sich 75 Seemeilen in ostwestlicher Richtung und trägt einige 30 ganz niedriger, dicht bewaldeter Inseln. Seine Lagune ist nur durch eine Einfahrt zugänglich. Dann folgt die sehr ausgedehnte und außerordentlich gefährliche Roncador- oder Candelariabank, die fast ganz unter Wasser liegt und nur wenige kleine Inselchen trägt. Im Südosten schließt Sikyana- oder Stewartatoll diese Reihe, eine Lagunengruppe mit zwei größeren und mehreren kleineren Inseln, in deren über 50 Meter tiefe Lagune nur ein für Boote befahrbarer Kanal führt. Die Grünen Inseln, welche noch wenig bekannt sind, scheinen

endlich ebenfalls zu den Laguneninseln gerechnet werden zu müssen. Der äußere Abfall dieser Atolle ist, soweit bekannt, überall ein sehr steiler (Meinicke I. S. 158—160; v. Hochstetter, »Reise der Fregatte Novara«. Geol. Teil. II. S. 153—161).

Ein zweites Korallenriffgebiet liegt südlich des südöstlichen Endes der Hauptkette der Salomonsinseln. Allerdings finden sich Atolle hier nicht, wohl aber ausgedehnte atollförmige, untergetauchte Korallenriffe. Die bedeutendsten derselben sind die Indispensableriffe, die als Nord-, Mittel- und Südriff unterschieden werden und zusammen eine Länge von 57 Seemeilen in der Richtung N.W.—S.O. haben. Sie fallen nach allen Seiten so steil ab, dass nirgends Ankergrund zu finden ist. Die einzelnen Riffe werden durch breites und tiefes Fahrwasser getrennt; auch die Lagunen scheinen bedeutende Tiefen zu besitzen. Von ähnlicher Beschaffenheit ist die benachbarte Pandorabank, die namentlich im Westen außerordentlich steile Abhänge aufweist (A. H. 1879. S. 468).

Aus den angeführten Thatsachen geht hervor, dass, trotz der bedeutenden negativen Anzeichen in der Hauptkette, die Salomonsinseln in einem Gebiet positiver Bewegung gelegen sind. In den Atollreihen der Seitenketten tritt diese Bewegung aufs deutlichste hervor. In der Hauptkette ist durch die vulkanische Thätigkeit und die durch sie hervorgebrachten Hebungen die positive Bewegung durch lange Zeiträume aufgehoben, aber in der Gegenwart hat sie auch hier oder mindestens im nordwestlichen Teile derselben wieder das Übergewicht erlangt.

An die Salomonsinseln schließen sich im Nordwesten der Bismarckarchipel und die ihm gewöhnlich zugerechneten kleineren Gruppen der Admiralitäts-, Hermiteinseln und Anachoreten an. Die Südküste der Hauptinsel Neu-Pommern ist, soweit unsere Kenntnis reicht, frei von Riffen, ebenso der St. Georgskanal und die in demselben liegenden kleineren Inseln; nur die kleine Crednerinsel besteht aus Korallenkalk. An der Nordseite von Neu-Pommern sind einzelne Riffe vorhanden, doch, wie es scheint, ausschließlich Strandriffe. Denselben Charakter haben die Riffe von Neu-Mecklenburg und an der Südseite von Neu-Hannover. Durch Wachstum der Riffe nach außen hat hier das Land zugenommen. Der Strand wird überall von einem Wall von Korallenkalk gebildet, hinter welchem das Land wieder tiefer wird und einen fast undurchdringlichen Sumpf bildet. Die Nordseite von Neu-Hannover dagegen wird von einem ausgedehnten Barrierriff begleitet, das noch mehrere Meilen über die Nordwestspitze der Insel hinausgeht und

eine Anzahl kleiner Inseln trägt. Der zwischen dem Riff und der Küste liegende Kanal ist mehrere Seemeilen breit, im Westen fast ganz von Korallen zugebaut, in den übrigen Teilen 28—47 Meter tief.

Die Admiraltätsinseln sind hohe Inseln, welche von Strandriffen und teilweise auch von Barrierrriffen umschlossen sind. Nördlich von ihnen liegt das ausgedehnte Entrecasteauxriff, das drei kleine Inselchen trägt und eine flache Lagune umschließt, ferner die ebenfalls von Korallen gebildete Challengeruntiefe. Zwischen ihr und dem Entrecasteauxriff wurden von der Challengerexpedition Tiefen von 36—73 Meter, zwischen diesem und den Admiraltätsinseln solche von 18—55 Meter gelotet. Im Nordwesten der Admiraltätsinseln liegen dann weiter noch eine Anzahl von Atollen, von denen die Anachoreten, Hermite-, Echiquier- und Purdyinseln die bedeutendsten sind. Die eingeschlossenen Lagunen scheinen meist flach zu sein, bei den Purdyinseln und den einzeln gelegenen Inseln Mole und Maus sind sie sogar völlig ausgefüllt und nur durch eine innere Vertiefung angedeutet. Dagegen fallen die Inseln nach außen sehr steil ab; 30 Meter vom Rande des Riffs der Anachoreten fand die Gazelle schon Tiefen von 66—75 Meter; eine Schiffslänge weiter betrug die Tiefe meist schon über 200 Meter. Die Purdyinseln fallen so steil ab, dass nirgends in ihrer Umgebung Ankergrund gefunden werden kann (vergl. die Untersuchungen der Gazelle. A. H. 1876, S. 314, 357—366, 399—401; ferner A. H. 1886, S. 516—530; Chall. I, p. 699—704; die Brit. Adm.-Karte 769 enthält die Messungen des Challenger und der Gazelle noch nicht). Der Charakter der Riffe und Inseln spricht dafür, dass in diesem Gebiete positive Bewegungen stattgefunden haben, dass jedoch jetzt ein stationärer Zustand eingetreten ist.

Von den Inselgruppen im Osten des Korallenmeeres und seiner Umrandungen sind die Fidji-, Samoa- und Gesellschaftsinseln bereits im dritten Abschnitt behandelt worden; es bleiben daher hier nur noch wenige Gruppen zu besprechen. Der Tonga-Archipel besteht teils aus vulkanischen, teils aus Koralleninseln, welche meist mehr oder weniger stark gehoben sind. Die Hauptinsel Tongatabu am Südende der Gruppe, von dreieckiger Gestalt, ist im allgemeinen eine niedrige Insel, im Durchschnitt kaum 6 Meter hoch; nur einzelne Hügel erheben sich bis zu 30 Meter Höhe. Sie besteht ganz aus Korallenkalk, der im Süden und Osten in steilen Klippen aufsteigt, während die Nordküste flach und sandig ist. Im Norden dringt eine flache Bucht mehrere Seemeilen weit ins Innere ein; sie ist wohl als der Rest der alten Lagune aufzufassen. Die Küsten sind von schmalen Strandriffen umsäumt,

nur im Norden finden sich ausgedehntere Riffe, die sich streckenweise zu einer Art von Barriere erweitern. Von den beiden zunächst benachbarten Inseln ist Eua im Südosten eine Koralleninsel, die aber bis zu einer Höhe von 180 Meter gehoben ist, Ata im Südwesten dagegen besteht aus zwei vulkanischen Gipfeln, die durch einen schmalen Isthmus von Korallenkalk verbunden sind. Riffe fehlen ihr gänzlich, doch liegt 1 Seem. von ihr entfernt die kleine Pelorusbank 2—4 Meter unter Wasser. Von den zahlreichen kleinen Inseln der nördlich zunächstfolgenden Namuka- oder Haabaigruppe sind nur zwei vulkanisch und eine, Namuka, eine bis zu 30 Meter erhobene Koralleninsel, alle übrigen sind ganz niedrig und ebenfalls aus Korallenkalk aufgebaut. Strandriffe sind überall vorhanden, daneben auch einige isolierte Korallenriffe. Auch die Inseln der Vavaugruppe bestehen sämtlich aus Korallenkalk, sind aber hoch, im Durchschnitt 100 Meter. Ihre Küsten steigen steil auf und sind nirgends von lebenden Riffen umgeben. Dagegen sind die westlich von ihnen gelegenen Inseln Tofua, Kao, Late und Fanualai vulkanische Inseln mit zum Teil noch thätigen Vulkanen (Meinicke II, S. 65—73; S. M. S. Gazelle A. H. 1876, S. 365).

Die vereinzelt kleinen Inseln im Nordwesten der Tongagruppe Niuafo, Futuna, Uea und Rotuma sind sämtlich vulkanisch, doch ist die vulkanische Thätigkeit völlig erloschen. Niuafo fällt sehr steil ab und hat daher keine Riffe, Futuna und Rotuma sind von Strandriffen, Uea von einem ausgedehnten Barrierriff umgeben (Meinicke II, S. 90 bis 94).

Im Tonga-Archipel sind jetzt offenbar negative Bewegungen vorherrschend, doch beweist die Mächtigkeit der gehobenen Korallenkalksteine, dass denselben bedeutende positive Bewegungen vorangegangen sein müssen. In der Umgebung von Uea scheinen dieselben noch fortzudauern; die Lage dieser Insel in der Nähe der ganz aus Atollen bestehenden Uniongruppe macht das auch an und für sich nicht unwahrscheinlich.

Südwestlich vom Tongaarchipel treffen wir noch auf zwei ganz isolierte Korallenriffe, die Minervariffe, die sehr steil aus großen Meeres-tiefen aufsteigen (Brit. Adm.-Karte 985). Das nördliche ist kreisrund und schließt eine 15—32 Meter tiefe Lagune ein, die nur im Nordwesten durch einen schmalen Kanal mit dem offenen Ozean in Verbindung steht. Das südliche Riff stellt ein Doppelatoll dar. Die südwestliche Lagune ist vollständig geschlossen, 13—16 Meter tief, die nordöstliche dagegen besitzt zwei schmale Eingänge; die größte in ihr gefundene Tiefe beträgt 28 Meter. Inseln haben sich auf den Minerva-

riffen nirgends gebildet. Die Tiefe des zwischen den beiden Riffen gelegenen Meeres überschreitet an mehreren Stellen 800 Meter. Positive Bewegungen haben hier offenbar stattgefunden. Wahrscheinlich gehören die Inseln dem Senkungsgebiet der östlichen Fidji-Inseln, in deren unmittelbarer südlicher Fortsetzung sie liegen, an.

Von den Hervey- oder Cookinseln ist die größte Rarotonga vulkanisch. Die Berge erheben sich bis zu einer Höhe von 900 Meter, sind aber von einer weiten Küstenebene umgeben, die sich sanft in das Meer hinabsenkt. Alle anderen Inseln sind Koralleninseln, die meisten derselben aber bis zu bedeutender Höhe gehoben, meist steil aufsteigend, oft in mehreren Etagen. So ist Savage 60 Meter hoch, Magaia 90, Katutia oder Atiu 120, Nauke 12, Aitutaki 125. Alle diese Inseln sind von Strandriffen umgeben, bei Rarotonga und Aitutaki entfernt sich dasselbe jedoch ziemlich weit von der Küste und schließt einen flachen Lagunenkanal ein. Diese Bildung erklärt sich bei beiden Inseln aus dem Vorhandensein einer breiten Küstenebene, die sanft geneigt ist. Außer den hohen Inseln sind aber auch einige niedrige vorhanden, nämlich Takutua, Mitiaro, Namuä und die ganz isoliert liegende Palmerstoninsel. Mitiaro und Palmerston besitzen ganz flache Lagunen, doch ist dieselbe bei der ersteren bereits in einen Süßwassersee verwandelt. Östlich von Savage liegt endlich das ausgedehnte und ganz untergetauchte Beveridgeriff, dessen Lagune jedoch auch ganz flach ist (Meinicke II, S. 138—141; Hydr. Mitteil. 1873, S. 130—136; N. M. 1874, p. 515—517). In dem ganzen Gebiete herrscht die negative Bewegung offenbar jetzt vor, doch muss auch hier eine positive derselben vorangegangen sein.

Von den Austral- oder Tubuai-Inseln ist nur die nordwestlichste Sandsinsel eine kleine Lagunengruppe. Alle anderen sind vulkanisch und nur von Strandriffen umgeben (Meinicke II, S. 193—196).

Alle noch übrigen Inselgruppen Polynesiens und Mikronesiens sind Koralleninseln mit Ausnahme der Marquesas-, Sandwichs-, Bonin- und Marianeninseln, welche vulkanischen Ursprungs sind. Von diesen sind die Marquesas infolge ihrer außergewöhnlich steilen Böschung fast völlig frei von Riffen. Dasselbe gilt von den Bonininseln. Die Marianen bestehen ebenfalls vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen und auf den nördlichsten derselben sind noch thätige Vulkane vorhanden. An dem Aufbau der meisten nimmt aber auch gehobener Korallenkalk einen mehr oder weniger bedeutenden Anteil. Rota und Tinian scheinen sogar fast ausschließlich aus solchem zu bestehen und sind dementsprechend niedriger, als die übrigen; sie erheben sich nirgends über

120 Meter. Fast alle Inseln der Gruppe sind von lebenden Strandriffen umgeben. Von den nördlich und nordwestlich der Gruppe gelegenen einzelnen Inseln sind die meisten schroffe Vulkanfelsen ohne Riffe, einige aber, wie Abregos, atollartige Koralleninseln, doch fehlen von fast allen nähere Nachrichten (Meincke II, S. 390—396, 411 bis 417). Die Sandwichsinseln endlich sind schon an einer früheren Stelle eingehend besprochen worden, so dass wir sie hier übergehen können.

Betrachten wir nun die große Reihe von Koralleninseln, so beweisen ihre große allgemeine Verbreitung durch den ganzen centralen Stillen Ozean, ihre durchweg ringförmige Gestalt, ihr äußerer steiler Abfall zu großen Meerestiefen und endlich ihre zum Teil von wenigstens sehr tiefen Lagunen, dass sie sämtlich während einer lange andauernden und weit verbreiteten positiven Bewegung sich gebildet haben. Als ein direkter Beweis für eine solche ist ferner der Umstand anzusehen, dass die Tuskarora an mehreren Stellen in großen Tiefen festen Korallenfels fand, so südlich der Sandwichsinseln unter $19^{\circ} 25'$ nördl. Br. und $158^{\circ} 52'$ westl. L. in einer Tiefe von 3836 Meter, innerhalb der Phönixgruppe unter $4^{\circ} 37'$ südl. Br. und $172^{\circ} 6'$ westl. Länge in 1711 Meter Tiefe, südlich der Ellicegruppe unter $14^{\circ} 7'$ südl. Br. und $174^{\circ} 36'$ westl. Länge in 2444 Meter Tiefe. Trotz der großen Übereinstimmung in dem allgemeinen Bau der Koralleninseln zeigen aber doch die einzelnen Inselgruppen gewisse charakteristische Unterschiede. Auch finden sich bei manchen derselben Beweise einer späteren negativen Bewegung, sodass eine kurze Besprechung der einzelnen Gruppen noch notwendig erscheint.

Wir beginnen im Südosten mit dem ausgedehnten Archipel der Paumotus. Von den Inseln desselben ist nur die Gambier- oder Mangarewagruppe kein eigentliches Atoll. Sie besteht vielmehr aus einigen vulkanischen Inseln, die von einem weiten Barrierriff umgeben sind, welches ein mehr als 70 Meter tiefer Lagunenkanal von den Inseln trennt. Alle übrigen Inseln des Paumotuarchipels sind echte Atolle von sehr wechselnder Größe und Gestalt. Bei einigen sind die Lagunen flach oder selbst ganz ausgefüllt, bei den meisten aber besitzen dieselben eine Tiefe von 30—70 Meter. Die Menge des festen Landes ist meist ziemlich bedeutend und die Zahl der in die Lagunen führenden Kanäle gering. Bei einigen, wie z. B. Clermont Tonnerre, ist die Lagune sogar ohne jeden Eingang. Es sind ferner alle Inseln gut bewaldet, und ihre äußere Abdachung ist überall sehr steil. Zwei Inseln sind zu bedeutenden Höhen gehoben, nämlich Elisabethinsel, die südöstlichste, und Metia oder Aurora, die nordwestlichste der Gruppe,

die erstere bis zu 30, die letztere bis zu 80 Meter Höhe. Elisabethinsel steigt überall mit steilen Wänden auf; auch Metia zeigt an drei Seiten fast senkrechte Abstürze. Dagegen dacht sie sich im Westen allmählich gegen das Meer ab. Im Inneren hat sich die ehemalige Lagune noch in einer tiefen Einsenkung erhalten. Geringe Spuren einer negativen Bewegung, bestehend in gehobenem Korallenkalk, in dem sich häufig Bohrmuscheln finden, zeigen sich ferner bei Ducie, Osnaburgh, Honden oder Henuake, Deans oder Nairsa und Clermont Tonnerre. Der Betrag der negativen Bewegung ist von Dana auf 0,3—1,8 Meter im Maximum geschätzt worden. Alle übrigen Inseln sind ganz flach (Beechey, »Voyage to the Pacific and Beering-Straits«. I, p. 83—107; Wilkes »Narrative of the United States exploring expedition«. I, p. 307 bis 345; Dana, »Corals and Coral Islands«. p. 193—195, 333—336; Ribourt, »Obs. géol. sur Tahiti et les îles basses de l'archipel des Paumotus«. Bull. soc. géogr. 6. sér. t. XVI, 1878; Brit. Adm.-Karte 767, 1111, 1112).

Die Inseln der Manihikigruppe sind sämtlich ganz niedrige, aber wohl bewaldete Atolle mit seichter und bei einigen Inseln unzugänglicher Lagune (Meinicke II, S. 260, 261; A. H. 1878, S. 22, 23). Von den centralpolynesischen Sporaden, die man in neuerer Zeit auch wohl unter dem Namen Amerikainseln zusammenfasst, sind die beiden südlichsten Malden und Starbuck 10 Meter hoch, so dass hier jedenfalls eine negative Bewegung um einige Meter stattgefunden haben muss. Beide enthalten Reste von Lagunen, in welche das Seewasser durch das Riff selbst einsickert und dort verdampft. Die äußere Böschung der beiden Inseln ist nicht so steil, wie es sonst bei Atollen der Fall zu sein pflegt (A. H. 1878, S. 106, 107). Die letztere Erscheinung finden wir auf der Weihnachtsinsel, der größten der Sporaden, die aber sonst ganz flach ist, abgesehen von einigen Sanddünen, die durch salzige Sümpfe getrennt sind. Ihre ausgedehnte Lagune ist flach und mit zahlreichen Sandbänken angefüllt. Jervis ist ohne Lagune. Die mit Gyps und Guano erfüllte innere Depression liegt 2—2,5 Meter über dem Meeresspiegel; die sie umgebenden Sanddünen erheben sich auf 5,5—8,5 Meter (Hague, »The Guano Islands of the Pacific«. A. J. 2. ser., XXXIV, 1862). Eine negative Bewegung hat also jedenfalls stattgefunden; Dana schätzt sie auf 2,5—3 Meter. Fanning ist niedrig, aber bewaldet; ein 55 Meter tiefer Kanal führt im Südwesten in die Lagune, die aber mit Korallenbänken ganz angefüllt ist, offenbar infolge des durch den tiefen Kanal beständig zugeführten frischen Wassers. Washington hat nur eine Süßwasserlagune, ist 4—5 Meter hoch;

Dana hält eine negative Bewegung von etwa 1 Meter für wahrscheinlich. Palmyra dagegen ist ganz flach, doch ebenfalls mit reichlicher Vegetation. Sie besitzt drei mit einander in Zusammenhang stehende Lagunen, deren Tiefe 50 Meter überschreitet. Das benachbarte Danger- oder Kingmanriff ist von hufeisenförmiger Gestalt und liegt ganz unter Wasser (N. M. 1875, S. 66, 67; vergl. über die Amerikainseln auch Meinicke II, S. 268—270 und Brit. Adm.-Karte 979 u. 2867).

Die Unioninseln sind sämtlich niedrige, aber gut bewaldete Atolle, einige wie Fakaafu und Oatafu oder Duke of York von beträchtlicher Größe. Die Lagunen sind seicht; Olosenga oder Swainsinsel besitzt nur eine Süßwasserlagune. Die äußere Abdachung ist überall sehr steil. Die Phönixinseln sind sämtlich Atolle von geringer Größe und mäßiger Vegetation; auf den beiden nordwestlichsten Baker und Howland fehlt dieselbe fast ganz. Die drei südlichsten Gardner, Hull und Sidney und die gegen das Nordende der Gruppe zu gelegene Insel Mary sind die größeren und besitzen seichte Lagunen; die vier mittleren Enderbury, Phönix, Birney und M'Cean und die beiden nordwestlichsten Baker und Howland sind ganz klein und ohne Lagune. Die inneren Depressionen der beiden letzteren sind mit Gyps und Guano ausgefüllt. Die sie umgebenden Sanddünen erheben sich bei Baker bis 6,6, bei Howland bis 5,4 Meter Höhe. Hague nimmt eine Hebung für die beiden Inseln an, es scheint sich jedoch nur um die Anhäufung von Sand durch die Thätigkeit des Windes zu handeln; fester Korallenfels wurde jedenfalls oberhalb des Meeresspiegels nicht gefunden. Der außergewöhnlich steile Absturz aller Inseln der Phönixgruppe zu sehr großen Meerestiefen wurde schon früher erwähnt (A. J. 2. sér. XXXIV, 1860; A. H. 1878, S. 29—31; 1884, S. 569, 570; 1885, S. 498 bis 501).

Die von Südsüdost nach Nordnordwest sich erstreckenden Ellice-, Gilbert- und Marschallsinseln sind sämtlich ganz niedrige Atolle. (Vergl. über dieselben namentlich Gulick, »Micronesia«. N. M. 1862.) Die Vegetation und ebenso die Menge des festen Landes nimmt im allgemeinen von Süd nach Nord ab. Die Lagunen sind bei einzelnen flach, bei den meisten jedoch von beträchtlicher Tiefe. Die äußere Abdachung ist bei allen Inseln steil. Einzelne Details, namentlich über die Marschallsinseln, sind schon an früheren Stellen angeführt. Westlich von den Gilbertinseln liegt ganz isoliert die Pleasantinsel, die aus Korallenkalk besteht, der zu Höhen von 30—70 Meter gehoben ist. In der Mitte besitzt sie eine Süßwasserlagune (A. H. 1882 S. 155, 1884 S. 375).

Von dem ausgedehnten Archipel der Karolinen sind drei, Ponape, Ruck oder Hogoleu und Yap, vulkanische Inseln. Sie sind von ausgedehnten Barrierriffen umgeben, welche tiefe und breite Lagunenkanäle einschließen. Auch zeigen ihre Küsten vielfach tiefe Einschnitte, wie wir sie als Beweise für stattgefundene positive Bewegungen schon oft erwähnt haben. Die ausgedehnteste Lagune ist diejenige von Hogoleu, deren Tiefe an mehreren Stellen 60 Meter überschreitet (Brit. Adm.-Karte 978). Alle übrigen Karolinen sind ganz niedrige Atolle mit meist tiefen Lagunen. Dieselben sind jedoch noch sehr ungenügend erforscht. Die Brit. Adm.-Karten 772—780 geben nur in wenigen Fällen innerhalb der Lagunen Tiefen an, dagegen lassen dieselben sehr schön hervortreten, wie gering in dem Archipel das Verhältnis von festem Land zu dem Gesamtareal der Atolle ist. Einige Inseln sind ziemlich kahl, die meisten besitzen aber eine reichliche Vegetation. Negative Spuren sind nicht vorhanden. Nur die Insel Fais ist 10 bis 15 Meter hoch erhoben, ein Teil der Insel ist dagegen infolge eines Erdbebens gesunken und liegt jetzt 12—16 Meter unter Wasser (A. H. 1876 S. 269—271, 279—281). Andererseits sind die von Darwin und Dana als direkte Beweise noch fortschreitender Senkung angeführten, jetzt unter Wasser befindlichen Bauten auf Ponape in neuerer Zeit von Kubary als Wasserbauten nachgewiesen, sind also durchaus keine Zeugen für eine solche Bewegung (J. M. G. Heft VI. 1874. S. 123 bis 131).

Es bleibt noch übrig, einen Blick auf die Korallenriffe an der Westküste Amerikas zu werfen. In ganz Südamerika fehlen solche wegen der kalten Strömung gänzlich. An den Küsten Centralamerikas und an den Galapagosinseln sind einzelne Riffe vorhanden, jedoch von sehr geringer Ausdehnung und mit einer sehr ärmlichen Korallenfauna.

VI. Abschnitt.

Geophysische Betrachtungen.

Die Korallenriffe bieten uns Beweise für ausgedehnte positive und negative Bewegungen dar. Ansichten von Sueß über die Natur solcher Bewegungen. Derselbe nimmt für die Gegenwart ein Anschwellen der Wassermassen nach dem Äquator zu an. Die Lage der Gebiete positiver Bewegung im Atlantischen und Indischen Ozean spricht gegen diese Ansicht. Das Korallenmeer mit seinen Umgebungen ist ein großes Senkungsfeld. Im centralen Stillen Ozean sind mehrere Gebiete zu unterscheiden, in denen die positive Bewegung von verschiedener Dauer und Intensität war. Die Sueß'sche Theorie eines wechselnden Anschwellens der Wassermassen nach dem Äquator und den Polen findet in den Verhältnissen der gegenwärtigen Epoche keine Bestätigung. Die Atolle und Barrierriffe der Gegenwart haben sich in wahren Senkungsgebieten gebildet. Beziehung der Vulkane zu den Senkungsfeldern. Vergleich mit den Korallenriffen früherer Perioden. Die gehobenen Korallenriffe. Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Größe und des Alters negativer Zeichen. Die Erhebung oder Bloßlegung der meisten hohen Korallenriffe und Inseln in allen drei Ozeanen gehört der jüngsten geologischen Epoche an. Weite Verbreitung der gehobenen Riffe. Oscillationen. Die Senkungen brachten allgemeine eustatische negative Bewegungen hervor, durch welche zahlreiche Riffe bloßgelegt wurden. Außer diesen eustatischen müssen auch noch andere nicht eustatische Bewegungen der Wassermassen stattfinden. Die isolierten hohen Koralleninseln und die zu großen Höhen erhobenen Riffe verdanken ihre Erhebung vulkanischen und geotektonischen Kräften. Die Hebungen gingen in den meisten Fällen den Eruptionen nicht voraus, sondern folgten ihnen nach.

Die Eigentümlichkeiten im Baue der Atolle und Barrierriffe haben uns den Beweis für sehr weit verbreitete positive Bewegungen innerhalb des Indischen und Stillen Ozeans erbracht. Auch im Atlantischen Ozean lernten wir solche Bewegungen, wenn auch in weit geringerem Umfang kennen. Andererseits sahen wir in den tropischen und subtropischen Gebieten aller drei Ozeane Korallenriffe oft hoch über dem jetzigen Meeresspiegel erhoben; sie sind die zuverlässigsten Zeugen für vielleicht noch weit allgemeiner verbreitete negative Bewegungen. Es gilt jetzt zu prüfen, welcher Art diese Bewegungen sind, ob

Bewegung des Festen oder Flüssigen, und in welchen gegenseitigen Beziehungen dieselben zu einander stehen.

Darwin nahm den allgemeinen Anschauungen seiner Zeit entsprechend säkulare Hebungen und Senkungen der festen Erdrinde selber an, ja man kann wohl sagen, dass sein Werk über die Korallenriffe nicht wenig dazu beigetragen hat, diese Theorie zu bekräftigen und ihr allgemeine Anerkennung zu verschaffen. Auch Dana steht im allgemeinen auf demselben Standpunkt und ebenso die meisten der Gegner der Senkungshypothese. Die letzteren leugnen freilich das Vorhandensein so ausgedehnter Senkungsfelder, wie Darwin und Dana sie annehmen, sehen aber im übrigen säkulare Hebungen und Senkungen als weit verbreitete Erscheinungen an.

In neuerer Zeit haben sich aber manche schwerwiegende Bedenken gegen diese Anschauungen geltend gemacht. Namentlich hat Sueß dieselben auf Grund seiner sehr eingehenden Untersuchungen auf das allerlebhafteste bekämpft, und es ist ihm auch in der That gelungen, für verschiedene Einzelgebiete, in denen man bisher glaubte, solche säkulare Hebungen und Senkungen konstatieren zu können, die Unhaltbarkeit dieser Auffassung nachzuweisen. Vor allem aber hat er auf das überzeugendste klargelegt, dass die Verschiebungen der Grenzen zwischen Meer und Land, wie sie in den verschiedenen geologischen Epochen stattgefunden haben, sich überhaupt durch säkulare Hebungen oder wenigstens durch solche allein nicht in genügender Weise erklären lassen. Sueß nimmt, abgesehen von klimatologischen Veränderungen, die nur für den Wasserstand mehr abgeschlossener Mittelmeere von Bedeutung sind, drei Hauptursachen für die Verschiebungen der Strandlinien an, eine beständig wirkende, eine episodische und eine periodische. Die Sedimentmassen, welche durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden, die Ablagerung von Hartteilen der Organismen und die Ausbreitung der Erzeugnisse unterseeischer Vulkanausbrüche erhöhen beständig den Meeresboden und drängen daher die Wassermassen der Ozeane über ihre Grenzen hinaus; sie rufen daher beständig allgemeine eustatische, wenn auch sehr langsam sich vollziehende positive Bewegungen hervor. Einbrüche einzelner Regionen der Ozeane bewirken eine Vertiefung derselben in diesen Gebieten, haben aber zugleich einen allgemeinen Rückzug des Meeres aus seinen bisherigen Grenzen im Gefolge. Es treten so episodisch allgemeine eustatische negative Bewegungen ein, deren Betrag je nach der Größe des eingebrochenen Gebiets ein sehr verschiedener sein wird, aber unter Umständen eine sehr beträchtliche Größe erreichen kann. Drittens glaubt

Sueß ein wechselndes Anschwellen des Wassers, nach dem Äquator und den Polen zu, konstatieren zu können. Hier hätten wir es also mit periodischen Bewegungen zu thun, deren Richtung in den polaren und äquatorialen Gebieten eine entgegengesetzte wäre (»Antlitz der Erde«. Bd. II. Abschnitt XIV).

Es ist natürlich nicht meine Absicht, mich hier auf eine eingehende Besprechung dieser Ansichten einzulassen, es kommt mir vielmehr nur darauf an, zu prüfen, auf welche Weise sich am einfachsten und naturgemähesten die durch die Korallenformationen charakterisierten Bewegungen der jüngsten geologischen Epoche nach unseren augenblicklichen Kenntnissen von der Natur solcher Bewegungen erklären lassen. Sueß ist geneigt, für diese Epoche außer allgemeinen eustatischen negativen Bewegungen ein Anschwellen der Wassermassen nach dem Äquator zu anzunehmen. Er begründet diese Ansicht durch den Hinweis auf die sehr hohen negativen Spuren in den arktischen Gebieten, deren Abnahme in der Höhe nach dem Äquator zu, endlich auf die durch die Korallenbauten bewiesene bedeutende positive Bewegung in den äquatorialen Gegenden des Indischen und Stillen Ozeans. Was die ersten Punkte betrifft, so gesteht Sueß selbst die Schwierigkeit ein, für die Höhe der negativen Spuren und ebenso für das Alter derselben in vielen Fällen auch nur einigermaßen sichere Schätzungen zu gewinnen. Die Attraktion der Festlandsmassen und angehäufter Sedimente und manche andere Nebenumstände wirken ferner in den verschiedenen Gegenden modifizierend auf die Höhe der Strandlinien ein. Endlich ist die behauptete Abnahme der Höhe der negativen Spuren gegen den Äquator zu durchaus noch nicht überall so sicher festgestellt und findet jedenfalls in verschiedenen Gegenden in sehr ungleichem Maße statt. Sueß' letztes und wichtigstes Argument führt uns unmittelbar auf den Gegenstand unserer Untersuchungen und soll daher im folgenden etwas eingehender besprochen werden.

Im Atlantischen Ozean finden wir zwei Gebiete positiver Bewegung. Das erste umfasst die Küsten Guianas und das Mündungsgebiet des Amazonenstroms, in dem allerdings Korallenbauten nicht vorhanden sind, jedoch die positive Bewegung auf andere Weise vollständig sicher erwiesen ist. Dieses Gebiet befindet sich unmittelbar unter dem Äquator. Das zweite Gebiet positiver Bewegung dagegen, welches die Bermudas und die benachbarten Küsten Nordamerikas umfasst, liegt weit außerhalb der Tropen und ist zudem von dem ersten durch die westindische Zone getrennt, in welcher die Korallenriffe, abgesehen von dem lokalen Senkungsgebiete der südlichen Bahamas, sich zweifellos

ohne Mitwirkung positiver Bewegungen bildeten, wo sich außerdem Spuren neuerer negativer Bewegungen, wenn auch nicht in gerade großer Ausdehnung finden. Solchen negativen Spuren begegnen wir wieder südlich vom Äquator auf Fernando Noronha, den Abrolhos und an verschiedenen Stellen der brasilianischen Küste. Dass ferner das vollständige Fehlen der Koralleninseln im centralen Atlantischen Ozean sich fast nur durch die Annahme erklären lässt, dass hier positive Bewegungen in neuerer Zeit nicht stattgefunden haben, ist bereits früher ausgeführt. Die Verhältnisse, wie wir sie im Atlantischen Ozean finden, lassen sich mithin kaum mit der Sueß'schen Ansicht in Einklang bringen.

Dagegen scheint die Beschaffenheit der Koralleninseln und -riffe des westlichen Indischen Ozeans auf den ersten Blick bis zu einem gewissen Grade für dieselbe zu sprechen. Wir sahen, dass der Betrag der positiven Bewegung in den einzelnen Inselgruppen ein verschiedener ist und im allgemeinen von Süden und Norden gegen den Äquator zunimmt. Aber die stärkste positive Bewegung fand offenbar nicht bei den unmittelbar unter dem Äquator gelegenen südlichen Maldivainseln, sondern etwa 10 Grad weiter südlich in der Breite von Saya de Malha statt. Das sehr ungleiche Maß positiver Bewegung, welches sehr benachbarte Inseln des Chagosarchipels zeigen, kann ferner ebenfalls nicht durch ein gleichmäßiges Anschwellen der Wassermassen, sondern nur durch Abbrüche von ungleichem Betrage erklärt werden. Dass auch die geologischen Verhältnisse Indiens und Südafrikas beweisen, dass die Koralleninseln des westlichen Indischen Ozeans auf den Trümmern eines eingebrochenen alten Festlandes sich aufgebaut haben und dass die Senkung dieses Einbruchsgebiets wenigstens an einigen Stellen wahrscheinlich noch fort dauert, ist bereits im vorigen Kapitel eingehend erörtert worden. Noch ungünstiger für die Sueß'sche Ansicht sind die Verhältnisse im östlichen Teil des Indischen Ozeans. Wir haben hier zwei Riffgruppen, deren Bildung eine noch im Fortschreiten begriffene positive Bewegung erweisen, die Keelinginseln unter 13° und die Rowleyuntiefen unter 28° südl. Br. Der Zustand der zwischen diesen beiden Gruppen gelegenen Koralleninseln und -bänke giebt keinen deutlichen Beweis einer solchen. Jedenfalls ist dort jetzt ein stationärer Zustand eingetreten. In der nächsten Nähe des Äquators aber sind nur negative Spuren vorhanden.

Von den Korallengebieten des Stillen Ozeans, in denen eine positive Bewegung stattgefunden hat, haben wir das Südchinesische Meer bereits als einen Einbruchskessel kennen gelernt. Ebenso ist aber auch

das Korallenmeer nebst den südlich von ihm gelegenen Teilen des Stillen Ozeans ein wirkliches Senkungsgebiet. Dass Neu-Seeland, wie Neu-Guinea, einst Teile des australischen Festlandes gewesen sind, ist eine durch den Charakter der Faunen dieser Inseln längst festgestellte Thatsache (vergl. Wallace, »Island Life«). Die Zeit, in welcher diese Trennung erfolgte, liegt allerdings wohl weit zurück; für Neu-Seeland vollzog sich dieselbe wohl schon in der mesozoischen Zeit, für Neu-Guinea in der älteren oder mittleren Tertiärzeit. Ferner haben schon vor langen Jahren Dana und Clarke auf den wahrscheinlichen Zusammenhang von Neu-Seeland und Neu-Caledonien hingewiesen. Die nordwestliche Halbinsel Neu-Seelands und Norfolk sollten diesen Zusammenhang vermitteln. Nun entspricht freilich das Hauptstreichen der neuseeländischen Gebirgszüge nicht der Richtung dieser Halbinsel, aber dennoch finden sich entschiedene Übereinstimmungen in dem geologischen Bau beider Inseln, die namentlich in den triassischen Ablagerungen hervortreten, wie Sueß (»Antlitz der Erde« Bd. II. S. 203, 204) ausgeführt hat. Auffallend bleibt ferner der Parallelismus mit der Ostküste des australischen Kontinents. Neu-Seeland läuft der Südost-, Neu-Caledonien der Nordostküste parallel. Ebenso scharf tritt der Parallelismus mit der Nordostküste in der Richtung der Neu-Hebriden, der Salomonsinseln, des Bismarckarchipels und der südöstlichen Halbinsel von Neu-Guinea hervor. Wenn nun auch die Trennung dieser Inseln von dem australischen Festland und der einzelnen Inselgruppen von einander einer fernen Vergangenheit angehören, so fehlt es doch auch nicht an Beweisen, dass die Abbrüche und Senkungen noch in neuerer Zeit weiter fortgeschritten sind. Sueß (»Antlitz der Erde« II. S. 203) hat namentlich darauf hingewiesen, dass tertiäre Meeresablagerungen an der australischen Ostküste gänzlich fehlen, während dieselben an der Südküste so außerordentlich reich entwickelt sind. Ferner finden sich auf Lord Howe's Insel zahlreiche Reste außerordentlicher großer jungtertiärer Landtiere, die auf einer so kleinen Insel unmöglich existiert haben können. Es muss also diese Insel der Rest eines einst größeren Festlandes sein, das am Ende der Tertiärzeit oder wahrscheinlich sogar in nachtertiärer Zeit abgesunken ist. Endlich stellt sich die ganze Küste von Queensland als ein Bruchrand von wahrscheinlich sehr jungem Alter dar. Die granitischen Erhebungen, welche den Kern der Gebirgszüge von Queensland bilden, werden im Westen von ausgedehnten paläozoischen Ablagerungen begleitet. Bis zum 21° südl. Br. bilden dieselben auch den Ostrand des Gebirges. Dann brechen sie plötzlich ab, und weiter nördlich bis zum

Kap York hin tritt das Granitgebirge mit steilen Abstürzen, nur hier und da von einem schmalen Vorland begleitet, unmittelbar ans Meer (Daintree, »Notes on the geology of Queensland«. Quart. journ. of the geol. soc. of London. vol. XXVIII. 1872). Es sind also offenbar die paläozoischen Außenzonen auf der ganzen Erstreckung von 22° südl. Br. bis zum Kap York abgebrochen. Da diese Bruchlinie in ihrer Ausdehnung so genau mit der des großen Barrierriffs zusammenfällt, dessen Entstehung, wie wir gesehen haben, nur durch eine positive Bewegung zu erklären ist, so ist an einem ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen wohl nicht zu zweifeln. Das beweist aber zugleich, dass dieser Abbruch einer sehr jungen Vergangenheit angehört.

Wir haben uns also den ursprünglichen Ostrand des australischen Kontinents etwas außerhalb der durch den Bismarckarchipel, die Salomonsinseln und die Neu-Hebriden bezeichneten Linie zu denken. Drei gewaltige einander parallele Gebirgsketten durchzogen den Ostteil desselben. Der westlichste Gebirgszug ist uns in der australischen Kordillere noch größtenteils erhalten; den Verlauf der mittleren Kette deuten uns die Osthalbinsel von Neu-Guinea, der Louisiadearchipel, Neu-Caledonien und Neu-Seeland, den der äußersten Kette Neu-Hannover, Neu-Mecklenburg, die Salomonsinseln und Neu-Hebriden an. Vielleicht gehören auch die Kermadek- und Chathaminseln noch zu dieser äußersten Zone. Dann bildeten sich, wahrscheinlich schon am Ende der mesozoischen Zeit beginnend, gewaltige Längsbrüche und längs dieser sanken allmählich während der tertiären und zum Teil noch quaternären Zeit die einzelnen Teile zur Tiefe, und nur einzelne mächtige Horste blieben als Markzeichen des ehemaligen Festlandes stehen. Zu den Längsbrüchen gesellten sich aber auch Querbrüche, von denen namentlich drei mit großer Deutlichkeit hervortreten, der erste zwischen den beiden neuseeländischen Inseln, wo noch neuerdings Abbrüche erfolgt sind, der zweite zwischen Neu-Seeland und Neu-Caledonien, der dritte durch die Mitte des Korallenmeeres hindurchlaufend. Hier, wo Quer- und Längsbrüche zusammentrafen, erreichte die Senkung naturgemäß das größte Maß, hier finden wir dementsprechend auch die bedeutendsten Meerestiefen. Das Senkungsgebiet zwischen Neu-Caledonien und Neu-Seeland liegt schon fast ganz außerhalb der Riffkorallenzone, und daher finden wir hier keine Korallenbauten als Zeugen der einst stattgefundenen Senkung. Anders im Korallenmeer. In weitem Kranze ist dasselbe von Barrierriffen und Atollen umgeben, und man kann mehrfach noch deutlich erkennen, wie nach der Mitte

zu die Senkung zugenommen. Die weit über das feste Land hinaus verlängerten Barrierriffe von Neu-Caledonien und des östlichen Neu-Guinea sind deutliche Zeugen dafür. Im centralsten und tiefsten Teile fehlen endlich die Korallenbildungen ganz. Die Korallen konnten hier offenbar mit der Senkung nicht mehr gleichen Schritt halten. Eine ausgedehnte Kette von Barrierriffen und Atollen umsäumt ebenso den äußersten Bruchrand des alten Kontinents im Osten, die Anachoreten, Hermite- und Echiquierinseln, das Barrierriff von Neu-Hannover, die Atollkette an der Außenseite der Salomonsinseln, endlich die Barrierriffe der Königin Charlotte-Inseln. Auf den Spalten dagegen drangen vielfach vulkanische Massen hervor und bildeten zum Teil ausgedehnte Inselgruppen. In weitem Bogen umkränzen diese Vulkaninseln das Gebiet größter Senkung, das Korallenmeer. Vielfach wurden durch die vulkanischen Kräfte auch Hebungen von zum Teil bedeutendem Betrage hervorgebracht. Dieselben sind aber durchaus nicht in dem Gebiet allgemein verbreitet, sie sind durchaus lokale Erscheinungen, und der Betrag der Hebung ein sehr wechselnder.

Es bleibt noch der centrale Stille Ozean zu betrachten übrig. Die allmählichen Übergänge von negativer zu positiver Bewegung und die Zunahme derselben nach einer Richtung zu, die nur in einem einzigen Falle mit derjenigen nach dem Äquator zu übereinstimmt, wie wir solche bei den Palau-, Sandwichs-, Samoa-, Freundschafts-, Loyaltyinseln und Marianen kennen gelernt haben, sprechen zunächst schon für eine Ungleichartigkeit und eine sehr wechselnde Größe der stattgefundenen Bewegungen. Dana hat ferner, wie ich schon in der Einleitung erwähnt habe, aus dem Charakter der einzelnen Atollgruppen auf eine verschiedene Größe der Senkung in den einzelnen Gebieten des Stillen Ozeans geschlossen und eine Linie größter Senkung, eine Senkungsachse konstruiert, die quer durch den Ozean von der Südspitze von Japan nach der Osterinsel verlaufen sollte. Im allgemeinen stimme ich den Ansichten Dana's durchaus bei, indes sind doch einige Verschiedenheiten in meiner Auffassung von der seinigen vorhanden. Gewiss hat Dana recht, wenn er Reichtum an festem Land, dichte Bewaldung desselben und eine geringe Anzahl von Eingängen in die Lagune als Anzeichen ansieht, dass in dem betreffenden Gebiete die positive Bewegung in der jüngsten Zeit sehr langsam von statten gegangen, oder vielleicht schon ein stationärer Zustand eingetreten ist. Die entgegengesetzten Verhältnisse bezeugen ebenso eine noch im Fortschreiten begriffene positive Bewegung, sie beweisen aber meiner Ansicht nach durchaus nichts für die Größe des Betrages der letzteren.

Umgekehrt wird der Umstand, dass die Atolle einer Gruppe sehr klein sind, wohl beweisen, dass die positive Bewegung hier eine sehr bedeutende war, es kann dieselbe aber sehr wohl bereits zum Stillstand gekommen sein.

Wenden wir diese Kriterien auf die Atolle des centralen Stillen Ozeans an, so ergibt sich, dass wahrscheinlich im ganzen südwestlichen Teile desselben ein stationärer Zustand und z. T. negative Bewegung eingetreten ist. In der Cook- und Australgruppe fanden wir sehr zahlreiche negative Spuren, einzelne von bedeutender Höhe; und auch die Beschaffenheit der wenigen niedrigen Inseln mit ihren seichten Lagunen, die mit dem Meer gar nicht oder nur durch unbedeutende Zugänge in Verbindung stehen, spricht wenigstens für einen stationären Zustand der Inseln. Die Paumotus haben verhältnismäßig viel festes Land und sind gut bewaldet; die Lagunen, obgleich zum Teil sehr tief, besitzen doch meist nur wenige Zugänge. Auch finden wir, ganz abgesehen von den beiden hohen Inseln Metia und Elisabeth, auch an verschiedenen der niedrigen Inseln negative Spuren von geringem Betrage. Alles das spricht dafür, dass im Gebiet der Paumotus die positive Bewegung aufgehört hat. Den Gegensatz hierzu bilden die nordwestlichen Inselgruppen, die Karolinen-, Marschalls- und Gilbertinseln. Sie sind weit weniger gut bewaldet, wie die Paumotus, vielfach fast ganz kahl; die Menge des festen Landes ist im Verhältnis zu der oft bedeutenden Größe der Atolle außerordentlich gering (Dana, »Coral Islands« p. 169); in die Lagunen führen meist zahlreiche und oft sehr tiefe Kanäle. Negative Spuren sind nirgends vorhanden. Denn die einzige hohe Koralleninsel in diesem Gebiete, Fais, ist, wie wir gesehen, eine ganz lokale, wahrscheinlich durch vulkanische Kräfte hervorgebrachte Erhebung. Wir dürfen also hier wohl eine noch im Fortschreiten begriffene positive Bewegung annehmen. Dass der Betrag derselben aber größer sein sollte, als etwa bei den Paumotus, ist mir sehr unwahrscheinlich. Die Größe der Atolle und der Umstand, dass in dem Karolinenarchipel noch einige der vulkanischen Gipfel, um welche sich die Atolle ursprünglich als Barrierriffe gebildet haben, über den Meeresspiegel emporragen, spricht entschieden gegen eine solche Annahme.

Die größte positive Bewegung fand entschieden in dem zwischen den beiden eben besprochenen Gebieten liegenden Teile des Stillen Ozeans statt. Die Atolle der hier gelegenen Gruppen der Manihiki-, Amerika-, Union- und Phönixinseln sind fast alle ganz klein und stürzen, abgesehen von den beiden südlichsten der Amerikainseln, mit

außergewöhnlich steilen Abhängen zu sehr großen Meerestiefen ab. Ihre Lagunen sind vielfach völlig erloschen oder in Süßwasserseen umgewandelt. Die sie trennenden und umgebenden insellosen Gebiete, die Belknap-, Miller- und Hilgardtiefe weisen ferner die größten Tiefen (von 5500 bis über 7000 Meter) auf, welche sich im Stillen Ozean innerhalb des Korallengürtels überhaupt finden (vergl. die Tiefenkarte des Stillen Ozeans von Petermann, P. G. M. 1877. Tafel 7). Dieses Gebiet größter positiver Bewegung dürfte etwa den Raum zwischen dem 150. und 180. Grad westl. L. südlich von den Sandwichs- bis gegen die Gesellschafts- und Samoainseln hin einnehmen. Auch die insellose Flur zwischen den beiden letztgenannten Inselgruppen gehört demselben wohl noch an. Wir sahen, wie die Zeichen positiver Bewegung in beiden Gruppen gegen den sie trennenden Meeresteil hin an Größe deutlich zunehmen (III. Abschnitt). Ob aber in diesem Gebiete noch überall die positive Bewegung fort dauert, muss zweifelhaft erscheinen. Für die nördlichen Gruppen, die Phönix- und die nördlichsten der Amerikainseln ist es wohl wahrscheinlich, dagegen trafen wir auf den mehr südlich gelegenen Inseln manche negative Spuren, auch ist die Bewaldung hier im allgemeinen eine bessere, wie im Norden, wo verschiedene Inseln völlig kahl sind.

Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, dass auch für den centralen Stillen Ozean die positiven Bewegungen nicht durch ein Anschwellen der Wassermassen gegen den Äquator erklärt werden können. Es haben sich die einzelnen Atollgruppen vielmehr auf verschiedenen im Sinken begriffenen Schollen der Erdrinde aufgebaut. Der Betrag und die Dauer der Senkung ist dabei in den einzelnen Gebieten eine verschiedene gewesen; am größten war dieselbe im mittleren, am andauerndsten im nordwestlichen Teile des ganzen Gebiets. Die Sueß'sche Annahme wechselnden Anschwellens der Wassermassen nach dem Äquator und den Polen zu wird damit überhaupt, wenigstens für die gegenwärtige Epoche, hinfällig. Diese Theorie bildet überhaupt wohl den schwächsten Punkt in dem ganzen Sueß'schen Werke. Wir kennen keine Kräfte, welche eine solche periodische Bewegung hervorbringen könnten. Eine periodische Veränderung in der Geschwindigkeit der Erdrotation ist weder erwiesen, noch auch nur wahrscheinlich. Es müssten also sehr zwingende Gründe sein, welche uns bewegen dürften, eine derartige Bewegung anzunehmen, für die wir eine physikalische Ursache absolut nicht anzugeben imstande sind. Nun wird man ja allerdings wohl erwarten dürfen, dass der dritte Band des Sueß'schen Werkes noch manches Neue in dieser Richtung bringen wird, was aber

Sueß bisher an Thatsachen zur Begründung seiner Theorie angeführt hat, ist nach meiner Überzeugung nicht der Art, dass daraus eine solche periodische Verschiebung der Wassermassen mit Notwendigkeit gefolgert werden müsste.

Die Atolle und Barrierriffe der Gegenwart haben sich wahrscheinlich sämtlich auf wahren Senkungsgebieten gebildet. Das größte derselben ist das centralpazifische, mit dem wahrscheinlich auch noch das kleinere, welches wir im Osten der Fidji-Inseln kennen lernten, im Zusammenhang steht. Ein zweites Senkungsfeld ist das des Korallenmeeres, ein drittes das des Südchinesischen Meeres, ein viertes das des westlichen Indischen Ozeans, ein fünftes das der südlichen Bahamas. Für die Atolle des östlichen Indischen Ozeans und für die Bermudas fehlen die Beweise, dass auch sie auf Senkungsfeldern sich erheben. Aber gerade der geringe Umfang, welchen hier die Gebiete positiver Bewegung einnehmen, spricht doch für die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme. Das positive Gebiet der Bermudas würde dann allerdings mit dem benachbarten des östlichen Nordamerika nicht im Zusammenhang stehen, da für die Küste dieses Kontinents eine wahre Senkung wohl kaum angenommen werden kann.

Nicht unerwähnt darf hier die eigentümliche Beziehung bleiben, in welcher die Vulkane zu den Senkungsfeldern stehen. Wir sahen schon, wie das Korallenmeer von einem Bogen zum Teil noch thätiger Vulkane umgeben ist. In gleicher Weise schließen die Vulkane der Philippinen das Südchinesische Meer ab. Auch das centralpazifische Senkungsfeld wird an seinen Rändern vielfach von Vulkanen begrenzt. Im Norden desselben finden wir die vulkanischen Sandwichsinseln, im Westen die Marianen und Palauinseln, im Süden die Tonga-, Fidji-, Samoa- und Gesellschaftsinseln, welche ebenfalls, soweit sie nicht aus Korallenkalk bestehen, vulkanischen Ursprungs sind. Die Vulkane der drei letzten Inselgruppen sind freilich erloschen, aber auf den Samoainseln dürfte die vulkanische Thätigkeit noch bis in nahe Vergangenheit hineinreichen. Auf Sawaii findet man wenigstens sehr frische Lavafelder, und die Erinnerung an vulkanische Ausbrüche ist bei den Eingebornen noch nicht erloschen (Gräffe, »Notizen über die Geologie der Samoainseln«. J. M. G. Heft VI). Auch sind submarine Eruptionen in der Umgebung der Samoa- und Fidji-Inseln, ebenso wie im Tonga-Archipel in neuerer Zeit wiederholt beobachtet worden (vergl. die Karte zu Rudolph, »Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen«, in Gerland's Beiträgen zur Geophysik I, 1887). Ob wir dagegen die Marquesasinseln hier mit heranziehen dürfen, erscheint mindestens zweifelhaft.

Im Indischen Ozean endlich liegen dem Gebiete größter Senkung die vulkanischen Mascarenen und das gleichfalls vulkanische Rodriguez nahe. Es scheinen sich also Vulkane mit Vorliebe an den äußeren Bruchlinien von Senkungsfeldern oder an den Grenzen zweier solchen zu bilden. Das Innere der großen Senkungsfelder ist dagegen überall frei von vulkanischen Erscheinungen.

Wenden wir noch einen Blick auf die Korallenriffe der Vorzeit, so erkennen wir leicht, dass die triassischen Korallenriffe der Ostalpen am meisten denen der Gegenwart gleichen. Schon durch ihre Mächtigkeit stehen sie denselben am nächsten, übertreffen sie vielleicht in dieser Beziehung zum Teil noch. Auch ihre Bildung ist eine durchaus gleichartige. Die positive Bewegung, unter deren Wirkung sie zu stande kamen, war nach v. Mojsisovicz eine ungleiche in den einzelnen Abschnitten des betreffenden Gebiets. Die allgemeinen positiven Bewegungen, die in Transgressionen ihren Ausdruck fanden, begannen dagegen erst in der Rhätischen Zeit, als die Riffbildung im wesentlichen ihren Abschluss gefunden hatte. Die Dolomitriffe der Ostalpen bauten sich also, ebenso wie die Atolle und Barrierriffe der Gegenwart, auf Senkungsfeldern auf. Auch zu jener Zeit waren die Einbrüche von vulkanischen Erscheinungen begleitet. Die Vulkane der Triaszeit gruppierten sich ebenfalls um das Gebiet größter Senkung, allerdings nicht um den Außen-, sondern um den Innenrand desselben (v. Mojsisovicz, »Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien«. Kap. XV, 10).

Ganz anders liegen die Verhältnisse in der Jurazeit. Die Korallenriffe des Oxford bildeten sich während großer allgemeiner positiver Bewegungen, welche in einer weit verbreiteten Transgression sich äußern. Dem entspricht ihre geringere Mächtigkeit im Verhältnis zu den Riffen der Trias und der Gegenwart und das fast vollständige Fehlen vulkanischer Erscheinungen während der ganzen Periode ihrer Bildung. Die Korallenriffe des Devon haben sich vermutlich unter ähnlichen Umständen gebildet, doch liegt die Zeit zu fern, und ist das Devon Europas zu gewaltigen tektonischen Veränderungen unterworfen gewesen, als dass hier noch ein sicherer Schluss gestattet wäre.

Wir gehen nun zur Betrachtung der gehobenen Korallenriffe und Inseln über, um zu prüfen, welcher Art die negativen Bewegungen waren, denen sie ihre Erhebung über den Meeresspiegel verdanken. Hier wird uns nun allerdings ein sicheres Urteil durch verschiedene Umstände außerordentlich erschwert. Zunächst müssen wir mit der Thatsache rechnen, dass Koralleninseln sich oft ziemlich bedeutend über den Meeresspiegel erheben können, ohne dass eine negative Be-

wegung dabei mitgewirkt hat. Korallentrümmer und Sand werden durch die Wellen auf das Riff hinaufgeworfen und durch den Wind zu Dünen von oft erheblicher Höhe aufgehäuft. Durch die Wirkung des Regenwassers wird dann der Kalk in den oberen Schichten gelöst und in tieferen wieder abgelagert, und so werden die unteren Lagen in ein festes Gestein umgewandelt, das sehr wohl den Anschein erwecken kann, als ob man es hier mit festem Riffels zu thun habe, der durch eine negative Bewegung vom Meer entblößt sei. Die Bermudas boten uns ein ausgezeichnetes Beispiel für diese Art von Bildungen, die Inseln Howland und Baker in der Phönixgruppe sind weitere Beispiele. Hier hat eine negative Bewegung wahrscheinlich nicht stattgefunden oder wenigstens jedenfalls nur in einem sehr geringen Betrage, und doch erheben sich die Bermudas an einzelnen Stellen bis zu 70, die beiden anderen Inseln bis zu 20 Meter Höhe. Diese Inseln sind glücklicherweise von wissenschaftlichen Forschern eingehend untersucht worden, und aus den Schilderungen derselben sind wir im stande uns ein deutliches Bild von den dortigen Verhältnissen zu entwerfen. Trotzdem gehen auch über sie die Anschauungen der einzelnen Gelehrten nicht unbeträchtlich auseinander. Von vielen anderen Inseln und Riffen aber, die uns als gehobene angegeben werden, besitzen wir nur sehr oberflächliche Beschreibungen, die es zweifelhaft lassen, ob hier wirklich fester Korallenfels über den Meeresspiegel hervortritt, oder ob es sich nur um solche durch die Wirkung von Regenwasser und die Wogen des brandenden Meeres verfestigte Konglomerate handelt. Ferner ist zu beachten, dass manche Korallenarten nicht sofort absterben, wenn sie der Luft, Sonne und dem Regen ausgesetzt werden, sondern sehr wohl einige Stunden außerhalb des Meerwassers zu leben im stande sind. Diese Beobachtung wurde zuerst von Beete Jukes (»Narrative of the voyage of the Fly«. 1847) gemacht, ihre Richtigkeit jedoch von späteren Beobachtern bestritten, bis sie durch die neuesten Untersuchungen Guppy's (Proc. of the royal soc. of Edinburgh XIII, 1885/86, p. 863) vollständige Bestätigung fand. Guppy führt namentlich die Arten *Porites tenuis*, *Madrepora hyacinthus*, *Coeloria daedalea* und eine *Symphyllia* als solche an, die mehrere Stunden an der Luft zu leben vermögen. Ähnliche Beobachtungen hat auch Möbius (»Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen«. 1880, S. 45) an den Riffen von Mauritius gemacht. Manche Korallenarten, z. B. *Goniastrea retiformis* und *Leptoria gracilis*, stehen hier bei niedrigen Ebben ohne Schaden in der Luft; die Polypen bleiben während der Zeit zurückgezogen und die ganze entblößte Oberfläche des Stockes ist

mit Schleim bedeckt, der das Vertrocknen hindert. Es kann daher auch der echte Riffelsen sich ein wenig über den Ebbestand erheben, ohne dass eine negative Bewegung hier eingetreten zu sein braucht.

Sehr schwierig ist es ferner in den meisten Fällen, ein auch nur einigermaßen sicheres Urteil über das Alter der negativen Spuren zu gewinnen. Diese Schwierigkeit tritt gerade für die erhobenen Korallenriffe in besonderem Maße hervor, da der Erhaltungszustand der in denselben sich vorfindenden Fossilien meist ein so schlechter ist, dass Artbestimmungen nur in den seltensten Fällen möglich sind. Wir sind daher in vielen Fällen nicht einmal im stande, das Alter anzugeben, in welchem sich die gehobenen Riffe gebildet haben. In einer solchen Lage befinden wir uns zum Beispiel bei den zu bedeutenden Höhen erhobenen Riffen von Cuba, deren älteste überhaupt Fossilien nicht mehr enthalten. Infolgedessen gehen denn auch in der Schätzung ihres Alters die Ansichten weit auseinander. Während Crosby sie für ganz jungtertiär erklärt, glaubt Sueß, dass sie mindestens alttertiär, vielleicht sogar cretaceisch seien. So viel scheint mir allerdings festzustehen, dass die Erhebung dieser Riffe, wie derjenigen von Jamaika, nicht mehr der jüngsten geologischen Epoche angehört. Da wir nur die negativen Bewegungen während dieser letzteren betrachten wollen, so können wir sie daher ferner außer Acht lassen. Das gleiche gilt von den erhobenen Riffen des südlichen Celebes, die v. Richthofen beschrieben hat.

Unter der jüngsten Epoche will ich diejenige Periode verstehen, in der sich die Absenkungen vollzogen, denen die Atolle und Barrierriffe der Südsee und des Indischen Ozeans ihre Entstehung verdanken. Ob sich dieselbe mit dem geologischen Zeitalter, das wir als Quartär zu bezeichnen gewohnt sind, deckt, muss allerdings, wenn wir die Mächtigkeit der Riffe betrachten, zweifelhaft erscheinen. Riffe von einer Mächtigkeit von 700 Meter und mehr — und so groß ist ja nach den Berechnungen Dana's und Darwin's diejenige vieler der gegenwärtig noch in Bildung begriffenen Riffe — bedurften zu ihrem Aufbau jedenfalls einen großen Zeitraum. Die Bildung der allerdings noch mächtigeren Riffe der Trias nimmt das ganze Karnische und Norische Zeitalter in Anspruch. Einzelne der devonischen Riffe, die an Mächtigkeit etwa denen der Gegenwart gleich kommen, reichen vom unteren Mittel- bis zum mittleren Oberdevon hinauf. Wenn wir nun auch ein absolutes geologisches Zeitmaß nicht besitzen, so dürfte doch kaum zu bezweifeln sein, dass diese Zeiträume weit länger waren, als die gesamte Quartärzeit. Es wird daher wahrscheinlich der Beginn der

Bildung vieler unserer jetzigen Atolle und Barrierriffe noch erheblich in die tertiäre Zeit zurückreichen.

Sueß hat die Ansicht ausgesprochen, dass die erhobenen Riffe des Stillen Ozeans sämtlich älter seien, als die gegenwärtige Senkungsperiode. Es ist auch in der That nicht zu bezweifeln, dass viele derselben von ziemlich hohem Alter sind, jedoch dürften auch die ältesten der hier in Frage kommenden Riffe höchstens dem Miocän angehören, die bei weitem meisten sind aber entschieden weit jünger. So sind die gehobenen Riffe der Palauinseln, die ausnahmsweise sehr zahlreiche und gut erhaltene Versteinerungen enthalten, nach Semper's Untersuchungen ganz jungen Alters und gewiss nur wenig älter, als die noch lebenden Riffe in dem mittleren und nördlichen Teil der Inselgruppe. Ebenso stimmen die fossilen Korallen in den erhobenen Riffen der Sandwichsinseln mit noch lebenden Arten überein, wenn sich auch diese Riffe durch das Vorwalten von Asträen von den die Inseln umgebenden lebenden Riffen, die hauptsächlich Porites- und Pocilloporaarten enthalten, unterscheiden (Dana, »Geol. report« p. 254). Von den gehobenen Riffen von Luzon stehen die jüngsten noch unmittelbar mit den lebenden Riffen in Zusammenhang und sind daher zweifellos ganz jungen Alters. Aber auch die bis zu Höhen von 1200—1400 Meter erhobenen Riffe der Militärdistrikte gehören nach v. Drasche zu den jüngsten Bildungen der Insel und sind nach den Resten der in ihnen enthaltenen Versteinerungen sehr wahrscheinlich pliocänen Alters. Ihre Erhebung fällt daher gewiss noch in die von uns behandelte Epoche.

Viele der gehobenen Koralleninseln zeigen ferner allmähliche Übergänge von sehr bedeutenden Erhebungen bis zu Riffen, die ganz niedrig oder selbst untergetaucht sind. Am schönsten zeigt sich das bei den schon öfters erwähnten Loyaltyinseln, deren südlichste Mare über 100 Meter erhoben ist, während Lifu 80, Uvea 15—18 Meter hoch und das am weitesten nördlich gelegene Astrolaberiff fast ganz untergetaucht ist und nur an wenigen Stellen den Meeresspiegel erreicht. Die drei erhobenen Atolle sind offenbar während derselben Senkungsperiode gebildet, wie das Astrolaberiff, aber nachträglich gehoben worden, während bei dem letzteren die Senkung vielleicht noch fortschreitet. Ähnliche Übergänge finden wir bei den Palau-, Sandwichs-, Salomons-, Tonga- und Herveyinseln. Es geht aus allen diesen Thatsachen meiner Ansicht nach mit Sicherheit hervor, dass die Bloßlegung der überwiegenden Mehrzahl der jetzt über den Meeresspiegel erhobenen Atolle und Korallenriffe gleichzeitig mit der jüngsten Senkungsperiode erfolgte.

In einigen Gebieten dauert aber, wie schon oben nachgewiesen, diese Senkung noch fort, während sie in anderen zum Stillstand gekommen oder sogar durch negative Bewegung abgelöst ist.

Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass alle die hohen Korallenriffe und -inseln gleichzeitig vom Meere entblößt seien. Ebenso wie die Senkungen einen großen Zeitraum in Anspruch nahmen, so fanden auch die Entblößungen und Erhebungen der Riffe zu verschiedenen Zeiten innerhalb der letzten Epoche der Erdgeschichte statt. Einzelne der negativen Bewegungen gehören der allerjüngsten Vergangenheit an und dauern wohl gegenwärtig noch fort, wie der vielfach beobachtete unmittelbare Zusammenhang zwischen den erhobenen und den lebenden Riffen unzweideutig beweist. Zu diesen jüngsten negativen Bewegungen dürften die auf den Paumotus, den südlichen Amerikainseln, den Nikobaren, Java, Ceylon, Diego Garcia, den Abrolhos und den brasilianischen Riffen beobachteten gehören. Andere, wie namentlich in Westindien und den Salomonsinseln sind offenbar von höherem Alter. Vielfach liegen auch gehobene Riffe verschiedenen Alters über einander. So konnte Walther von den jüngsten der gehobenen Riffe der Sinaihalbinsel, welche noch unmittelbar mit lebenden in Zusammenhang stehen, eine Gruppe älterer Riffe deutlich unterscheiden. Auf Oahu fand Dana drei Korallenbänke von verschiedenem Alter über einander, die deutlich von einander getrennt sind und verschiedene Stadien in der negativen Bewegung anzeigen. Auf Luzon sind die hoch erhobenen Riffe der Militärdistrikte jedenfalls weit älter, als die Riffe, welche nur in geringer Höhe die Küsten umsäumen. Auch auf den Fidji-Inseln scheinen gehobene Riffe verschiedenen Alters vorhanden zu sein. Für manche, namentlich der ganz isolierten, erhobenen Koralleninseln, wie die Weihnachtsinsel, Metia, Pleasant und andere, ist eine genauere Altersbestimmung überhaupt unmöglich.

Negative Bewegungen, wie sie sich durch jung erhobene Korallenriffe, Muschelbänke und Strandlinien neueren Alters charakterisieren, sind, wie schon aus dem vorhergehenden sich ergibt, in den Gebieten aller drei Ozeane außerordentlich weit verbreitet. In Westindien fanden wir junge Strandlinien an der Außenseite der Bahamas und erhobene Korallenbänke auf verschiedenen der Kleinen Antillen. An der Ostküste des benachbarten Florida liegt eine ganz junge Muschelbreccie, die Coquina of St. Augustin, mehrere Meter über der Hochwassermarke. Auch auf Cuba und Jamaika sind außer den alten hoch erhobenen Riffen gehobene Korallenbänke jüngeren Alters vorhanden. Nahe dem Äquator zeigen sich auf Fernando Noronha junge Strandlinien und

gehobene Korallenkalke, und weiter südlich sind an den brasilianischen Küstenriffen und den Abrolhos negative Spuren, wenn auch von sehr geringem Betrage konstatiert. Weit zahlreicher sind die negativen Spuren im Indischen Ozean. Wir fanden solche im Roten Meer, auf weiten Strecken an der ostafrikanischen Küste, auf Songa-Songa, Sansibar, St. Pierre, den Mascarenen, Rodriguez, Diego Garcia und in der östlichen Hälfte des Ozeans an den Küsten Ceylons, den Nikobaren, Java und an mehreren der Koralleninseln gegenüber der Westküste Australiens. Ebenso sind die negativen Spuren im Stillen Ozean weit verbreitet. Sie sind auf den Philippinen und Palauinseln, an den Küsten Neu-Guineas und des Bismarckarchipels, auf den Salomonsinseln, Neu-Hebriden, Neu-Caledonien, den Loyalty-, Tonga-, Fidji- und Herveyinseln, endlich auch im fernen Nordosten auf den Sandwichsinseln nachgewiesen worden, teils als bloßgelegte Korallenriffe, teils als ehemalige Strandlinien sich darstellend. Selbst auf den Paumotus und den südlichen Amerikainseln fanden wir negative Spuren, wenn auch von sehr geringem Betrage, daneben die beiden hoch erhobenen Inseln Metia und Elisabeth.

Manche der bloßgelegten Riffe zeigen ferner deutlich, dass die negative Bewegung nicht ununterbrochen stattgefunden, sondern unter wiederholten Oscillationen sich vollzogen hat. Das interessanteste Beispiel der Art hat Julien (*»On the geology of the Key of Sombrero«*. Ann. of Lycenm of nat. hist. New York 1867, VIII, p. 251—278) von der Insel Sombrero in Westindien mitgeteilt. An den gehobenen Korallenkalken lassen sich hier deutlich sechs Bänke unterscheiden, die durch Bänke von abweichender Beschaffenheit getrennt sind. Ferner haben während der Bildung dieser Bänke dreimal in verschiedenen Zeiten Ablagerungen von Guano stattgefunden. Die Guanodecken wurden durch das Meer wieder entfernt, ließen aber Reste in den Spalten des Kalksteins zurück. Aus diesen Thatsachen folgt zweifellos, dass die Insel Sombrero mehrfach trocken gelegt und wieder überflutet wurde. Julien selbst nimmt neun solcher Oscillationen an. Schließlich behauptete die negative Bewegung das Übergewicht.

Ähnliche Beobachtungen liegen über Diego Garcia vor. Bourne (*»On the Atoll of Diego Garcia«*. Nat. XXXVII, 1888) fand bei Bohrungen auf der Nordseite dieser Insel wiederholte Wechsellagerungen von geschichtetem Riffelsen (shingle rock), wie er sich gegenwärtig zwischen den Gezeitenmarken bildet, und losen Sanden, die offenbar äolischen Ursprungs sind, bis schließlich der ungeschichtete Riffelsen

erreicht wurde. Auch hier haben offenbar Oscillationen mit geringem negativem Übergewicht stattgefunden. Da die höchste der Schichten kaum $1\frac{1}{2}$ Meter über dem Meeresspiegel liegt, so kann jeder derselben nur eine Dicke von wenigen Decimetern zukommen. Die einzelnen Oscillationen sind daher gewiss sehr rasch auf einander gefolgt. Auch an den Riffen von Pernambuco wechseln feste geschichtete Gesteine, ähnlich dem »shingle-rock« von Diego Garcia, mit losen Sanden ab, sodass hier ebenfalls Oscillationen angenommen werden müssen. Sicher werden sich bei eingehenden Untersuchungen die Beispiele für solche Erscheinungen mehren.

Solch weitverbreitete negative Bewegungen, wie die hier in Frage stehenden, können durch Hebungen des Festlandes nicht erklärt werden, und noch weniger ist das mit den Oscillationen möglich. Es ist geradezu undenkbar, dass in einem geologisch verhältnismäßig kurzen Zeitraum ein und dasselbe Gebiet sich neunmal gesenkt und wieder gehoben haben sollte. Es wurden die jetzt über den Meeresspiegel hervorragenden Riffe vielmehr bloßgelegt durch einen allgemeinen Rückzug des Meeres, der sich während eines größeren Zeitraums, und von einzelnen positiven Schwankungen unterbrochen, vollzog. Dieser Rückzug des Meeres aber findet seine naturgemäße Erklärung in den während der ganzen jüngsten geologischen Epoche fortschreitenden Senkungen einzelner Gebiete der Ozeane. Auch diese vollzogen sich nicht stetig und ununterbrochen. Perioden rascher Senkung wechselten mit solchen ab, in denen die Bewegungen nur langsam vor sich gingen oder ganz aufhörten. Auf den Bermudas konnten wir sicher nachweisen, dass eine solche Ruhepause den jüngsten Senkungen vorangegangen ist, und in der Gegenwart scheint eine neue solche Pause eingetreten zu sein. Das stufenförmige Aufsteigen der Lagunen und Lagunenkanäle mancher Atolle und Barrierriffe beweist dasselbe. In solchen Perioden der Ruhe in den abwärts gerichteten Bewegungen konnten sehr wohl die Anhäufungen von Sediment auf dem Meeresboden ein allgemeines Ansteigen des Meeresspiegels hervorbringen. So würden also auch die Oscillationen eine naturgemäße Erklärung finden.

Dass außer diesen eustatischen Bewegungen, die durch Senkungen einzelner Teile des Meeresbodens auf der einen, durch Sedimentanhäufungen auf der anderen Seite hervorgebracht werden, noch andere, nicht eustatische, Bewegungen der Wassermassen vorhanden sein müssen, ist allerdings nicht zu leugnen. Das vollständige Fehlen der negativen Spuren an manchen Küsten, z. B. denen des östlichen Australiens, ist

nur dadurch zu erklären, dass den allgemeinen negativen Bewegungen hier lokale positive das Gleichgewicht halten. Auch finden wir in anderen Gebieten, wie Guiana, dem Mündungsgebiet des Amazonasstroms, der Ostküste Nordamerikas, Anzeichen einer positiven Bewegung, die nicht wohl als eine Senkung des Festen aufgefasst werden kann. Sueß hat den Versuch gemacht, diese Erscheinungen zu erklären durch seine Theorie von dem abwechselnden Anschwellen der Wassermassen nach dem Äquator und den Polen. Wir haben aber gesehen, dass diese Theorie durchaus nicht überall den Thatsachen entspricht und außerdem auf einer völlig unhaltbaren physikalischen Grundlage beruht. Wir müssen daher zugestehen, dass wir für die nicht eustatischen Bewegungen der Wassermassen eine genügende Erklärung bis jetzt nicht zu geben im stande sind.

Es lassen sich fernerhin aber auch die negativen Spuren, die wir besprochen, nicht sämtlich durch einen Rückzug des Meeres erklären. Es findet sich vielmehr eine ganze Anzahl von erhobenen Korallenriffen und -inseln, die teils durch ihre absolute Höhe, teils durch die bedeutenden Höhendifferenzen, teils endlich durch ihre isolierte Lage in Gebieten, wo sonst nur positive Bewegungen nachzuweisen sind, eine solche Erklärung ausschließen. Dahin gehören in erster Linie die hoch erhobenen Riffe der Militärdistrikte von Luzon, die jetzt in einer absoluten Höhe von 1200—1400 Meter liegen. In dem Salomonsarchipel ferner tritt der Korallenkalk in Höhen bis zu 300 Meter auf; auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich derselbe in den noch fast gar nicht erforschten größeren Inseln in noch bedeutenderen Höhen findet. Auch die Höhen einzelner der gehobenen Koralleninseln der Palaugruppe (150, nach Wichmann 300 Meter), der Tongainseln (180 Meter), der Herveyinseln (125 Meter), der Loyaltyinseln (100 Meter) und der Marianen (120 Meter) weichen von den sonst an gehobenen Korallenriffen beobachteten sehr erheblich ab. Ebenso erreicht auf Molokai im Sandwichsarchipel der Korallenkalk eine Höhe von über 100 Meter. Bei den Inseln des Tonga- und Herveyarchipels kommt hierzu noch die große Ungleichheit in der Höhe sehr benachbarter Inseln. Bei den Palau- und Loyaltyinseln, wo diese Erscheinung auch hervortritt, sind die Inseln jedoch so angeordnet, dass die höchste Insel im Süden liegt und die Höhe nach Norden immer abnimmt. Es würde sich bei ihnen die Ungleichheit der Höhe sehr wohl durch die Annahme erklären lassen, dass die Senkung im Norden noch andauert, während im Süden bereits negative Bewegung eingetreten ist.

Endlich aber finden wir ganz isolierte gehobene Koralleninseln in Gebieten, in denen die Senkung noch fort dauert oder wenigstens erst seit kurzer Zeit zum Stillstand gekommen ist. Es sind das die Weihnachtsinsel (360 Meter) im nordöstlichen Teil des Indischen Ozeans, Fais (15 Meter) in den westlichen Karolinen, Pleasant (30 Meter) westlich der Gilbertgruppe, Metia (80 Meter) und Elisabethinsel (30 Meter) im Paumotuarchipel, die Korallenfelsen vom Yenghen (80—182 Meter) am Nordostende von Neu-Caledonien, endlich die Korallenriffe von Lord Howe's Insel, über deren Höhe mir keine genaueren Angaben bekannt sind. Vielleicht dürfte auch Tukopia südöstlich des Königin-Charlotte-Archipels hierher gehören.

Die gewaltige Höhe, bis zu welcher einzelne dieser Riffe sich jetzt erheben, und die isolierte Lage anderer in Senkungsgebieten lassen es, wie gesagt, als undenkbar erscheinen, dass die durch sie gekennzeichneten negativen Bewegungen in dem Zurücktreten des Meeres ihre Erklärung finden könnten. Wir müssen hier vielmehr aktive Hebungen voraussetzen. Es sind vulkanische und geotektonische Kräfte, welche dieselben hervorbrachten. In den meisten Fällen sind wir nun auch so glücklich, den Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen oder mit Verwerfungen nachweisen zu können. Die Philippinen, Marianen, Sandwichs-, Palau- und Salomonsinseln sind vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut, und auf den drei erstgenannten sind gegenwärtig noch Vulkane in Thätigkeit. Auch in dem Tonga- und Herveyarchipel finden wir neben den Koralleninseln vulkanische und in dem ersteren ebenfalls noch thätige Vulkane. Den Kern von Lord Howe's Insel bildet ein vulkanischer Pik; auf der Weihnachtsinsel und in deren nächster Umgebung sind vulkanische Gesteine nachgewiesen; endlich erhebt sich auch aus den Korallenkalken von Mare, der höchsten der Loyaltyinseln, ein vulkanischer Gipfel. Von der Insel Fais ist nur der eine Teil gehoben, dagegen der andere 12—16 Meter unter die Oberfläche des Meeres gesunken, und zwar nach den Berichten der Eingeborenen infolge eines Erdbebens (A. H. 1876 S. 270). Auch liegt die Insel genau in der Mitte zwischen den vulkanischen Palauinseln und Marianen, also wahrscheinlich auf einer alten Spalte der Erdrinde. Ebenso liegen Tukopia und Pleasant in der Verlängerung der östlichen Kette der Neu-Hebriden. Die Erhebung der isolierten Korallenfelsen von Yenghen endlich ist nach den Angaben Chambeyron's (Bull. soc. géogr. de Paris. 6. sér. t. IX. 1875) auf Dislokation der festen Erdrinde zurückzuführen. Die Erhebung derselben kann

nicht der allerjüngsten Vergangenheit angehören. Nahe ihrer unteren Grenze finden sich nämlich bei mehreren derselben hohlkehrlartige Einschnitte, wie sie von der Brandung häufig an Korallenriffen hervorgerufen werden. Die Korallenfelsen müssen also schon ziemlich lange in nahe derselben Höhe, wie jetzt, gestanden haben und an ihrem unteren Ende der Wirkung der Brandung ausgesetzt gewesen sein, bis die Bildung von Schwemmland an ihrem Fuß oder eine zweite kleinere Hebung sie diesen Wirkungen entzog. Andererseits kann die Hebung auch keiner allzufernen Vorzeit angehören, da die Dislokation auch das lebende Riff erfasst hat, das gegenüber Yenghen vollständig zerstört ist. Vielleicht haben wir es hier mit einer gleichzeitigen horizontalen und vertikalen Verschiebung längs Verwerfungsspalten zu thun und dürfen in den gehobenen Korallenfelsen die Reste des fehlenden Teils des Barrierriffs erblicken.

Wir sehen also, dass eigentlich nur für Metia und Elisabethinsel eine direkte Beziehung zu vulkanischen Erscheinungen oder geotektonischen Veränderungen nicht nachweisbar ist. Wir können daher den Satz aussprechen, dass alle die isolierten gehobenen Koralleninseln und ebenso die zu großen Höhen erhobenen Riffe diese ihre Erhebung vulkanischen und geotektonischen Kräften verdanken.

Dabei tritt noch ein interessanter Umstand zu Tage. Die erhobenen Riffe der Philippinen, wie der Salomonsinseln bauen sich vorwiegend auf vulkanischen Tuffen auf. Es begann also hier die vulkanische Thätigkeit mit unterseeischen Eruptionen, dann folgte die Riffbildung, auf den Philippinen jedenfalls während gleichzeitiger positiver Bewegungen, dann erst trat die Hebung ein, wobei in den gehobenen Gebieten neue Eruptionen gar nicht oder jedenfalls nur in geringem Maße stattfanden, während allerdings in den benachbarten Gebieten noch eine lebhafte vulkanische Thätigkeit sich entwickelte, die auf den Philippinen noch in der Gegenwart fortdauert, auf den Salomonsinseln wohl auch noch nicht lange erloschen ist; auf Bougainville sind vielleicht sogar noch thätige Vulkane vorhanden. Auf den Palauinseln ferner, wo die Erhebung der Riffe jedenfalls einer sehr jungen Vergangenheit angehört, ist trotzdem die vulkanische Thätigkeit bereits vollständig erloschen. Im Tongaarchipel finden wir in der östlichen Reihe, welche die gehobenen Koralleninseln enthält, nur erloschene Vulkane, in der westlichen dagegen noch thätige Vulkane aber keine gehobenen Koralleninseln. Auf den Neu-Hebriden, wo die vulkanische Thätigkeit noch sehr lebhaft ist, finden wir nur sehr

geringe negative Spuren, die sich sehr wohl ohne aktive Hebung durch Zurücktreten des Meeres erklären lassen. Auf den ebenfalls noch mit mehreren thätigen Vulkanen versehenen Königin Charlotte-Inseln scheint sogar die positive Bewegung noch im Fortschreiten begriffen zu sein. Aus allen diesen Thatsachen folgt, dass in den meisten Fällen die Hebung den Eruptionen nicht voranging, sondern nachfolgte. In benachbarten Gebieten dagegen fanden häufig noch während der Periode der Hebung weitere Eruptionen statt.

Orts-Index.

- Aargau 102 f.
Abrolhos (Australien) 139.
Abregos 158.
Abrolhos (Brasilien) 52, **123 f.**, 165, 176.
Addoo-Atoll 130.
Admiralitätsinseln 155.
Adolphusriff 75.
Aiu-Inseln 145.
Aitutaki 157.
Alacranriff 20.
Aldabra-Inseln 128.
Alpen, Devon der **84 ff.**
—— Kreide der 109.
—— Trias der **87 ff.**
Alu 23, 55, 152.
Amazonenstrom, Mündungsgebiet des 164, 179.
Amberno, Fluss 146.
Amerikainseln 41, 50, **159 f.**, 169.
Amiranten 127, 135.
Anachoreten 155.
Anambainseln 142.
Andamanen 140.
Anguilla Key 18.
Aniva 150.
Antigua 123.
Antillen, Kleine 19, 123, 176.
Anvil 111.
Appuriff 22.
Apremont 106.
Aratica 54.
Ardenne, Département 106.
Aremolanguj-Passage 65.
Argoriff 75.
Argusbank 117.
Armigt-Toakle-Passage 65.
Aruinseln 142.
Asaua-Inseln 73, 78.
Ashmore-Inseln 140.
Asia-Inseln 145.
Astrolaberiff (Fidji-Inseln) 74.
Astrolaberiff (Loyalty-Inseln) 72, 175.
Asturien, Devon von 84.
Ata 156.
Atiu 157.
Aurora siehe Metia.
Australinseln 157, 169.
Australische Kordillere 167.
Australriff, grosses 28, 56 f., **147 ff.**, 166.
Avonriff 149.
Babelthaub 64 ff.
Baden, Jura in 103.
Bahamas 17 ff., 27, 120, 171, 176.
Bahia, Riffe bei 123 f.
Bakerinsel 50, 160, 173.
Balabak-Straße 142.
Balkan, Kreide des 110.
Bamptonriff 149.
Bandasee 141.
Baracoa 111.
Basel, Kanton 103.

- Belgien, Devon in 83.
 Belknaptiefe 170.
 Bellonariff 149.
 Bemini-Kanal 17.
 Benguet, Thal von 112.
 Bermuda 117.
Bermudas 8, 116 ff., 171, 173, 178.
 Bern, Kanton 104.
 Beveridgeriff 156.
 Billiton 142.
 Birdriff 149.
 Birney 160.
 Biscayne-Bucht 16.
Bismarck-Archipel 57, 154 f., 166, 177.
 Boaz 117.
 Bohol 21.
 Bolabola 59, 71.
 Bombayriff 144.
 Bombok 140.
 Bonininseln 157.
 Bonvouloir 147.
 Booteriffe 148.
 Bougainville-Insel 151 ff.
 Bougainvilleriff 149.
 Bougainvillestraße 152.
 Brasilianische Riffe 123 f., 176.
 Brookinsel 69.
 Browseinsel 140.
 Bukatatanoa siehe Argoriff.

 Caicosinseln 18.
 Calvadosinseln 147.
 Candas 84.
 Candelariabank 153.
 Cargados Carajos 52, 133, 135.
 Carteret-Nine-Inseln 153.
 Castle Harbour 117.
 Cebu 21.
 Celebes 143, 174.
 Centurionsbank 131.
 Cevennen 107.
 Ceylon 135, 176.
Chagos-Archipel 38, 45, 48, 130 ff., 134, 165.
 Chagosbank 46, 52, 130.
 Challengerbank (Bermudas) 117, 121.
 Challengeruntiefe (Bismarck-Archipel) 155.
 Champagnole, Hochebene von 105.
 Chataminseln 167.
 Chinesisches Meer 143, 171.
 Choiseulbai 33.
 Choiseulinsel 152 f.
 Clerke's-Riff 139.
 Clermont-Tonnerre 45, 158.
 Cocosinseln siehe Keelinginseln.
 Colombier, Kap 147.
 Colombinseln 146.
 Colombinebank 117, 121.
Comoren 127, 135.
Cookinseln 157, 169, 177, 179.
 Coringariff 149.
 Cosmoledoinseln 128.
 Côte d'Or, Département 106.
 Crednerinsel 154.
 Crescentgruppe 144.
Cuba 18, 110 f., 174, 176.

 Daciabank 32, 42.
 Dachstein 99.
 Dalsberg 103.
 Dampier-Straße 146.
 Dana-Insel 141.
 Dangerinsel 71.
 Dangerriff 160.
 Davids-Island 117.
 Deansinsel 159.
 Denges-Passage 65.
 Denhaminsel 74.
 Diego Garcia 48, 131, 134, 176.
 Discoveryriff 144.
 Doubs, Département 105 f.
 Drei Brüder-Inseln 113, 141.
 Drei Schwester-Inseln 32.
 Ducie 159.
 Duperré-Inseln 147.
 Duke of York siehe Oatafu.

 Echiquierinseln 155.
 Echobank 140.
 Egmondinsel 132, 134.
 Eil Malk 65 f.
 Eimeo 71.
 Elbow Key 18.

Elisabethinsel 53, 158, 169, 180.

Elisabethriff 50 f., 149 f.

Elliceinseln 54, 158.

Elmore 49.

El Yunque 111.

Enderbury 45, 160.

England, Silur in 82.

— Jura in 101.

Entrecasteaux-Riff 155.

Erikub 55.

Eromango 150.

Eua 156.

Everglades 17.

Exploringinseln 46, 75, 77.

Fais 161, 169, 180.

Fakaafo 160.

Faninseln 145.

Fanning 159.

Farquharinseln 127.

Farwayriff 149.

Fernando Noronha 124, 165, 176.

Fidji-Inseln 46, 59, **72 ff.**, 171, 176 f.

Florida-Bucht 16.

Florida, Kap 17.

Florida, Küste von 122, 176.

Florida-Riffe 15 ff., 28.

Fontaka-Bucht 127.

Fouquetriff 133.

Frederikriff 149.

Fringeli 103.

Fulanga 75.

Funualai 156.

Futuna 156.

Galapagos 161.

Galla-Länder, Küste der 126.

Gambierinseln 45, 158.

Gampenplateau 103.

Gangesbank 131.

Gasparstraße 142.

Gardnerinsel 160.

Geelwinkbai 145 f.

Geislerspitzen 95.

Gesellschaftsinseln 71 f., 171.

Gibel Musa 125.

Gibel Nakus 125.

Gibel Pharaun 125.

Gilbertinseln 50, 54, 160, 169.

Gloverriffe 20.

Golfstrom 16, 116.

Gondwanaland 134.

Goro 75, 77.

Gorosee 73.

Gorringebank 31, 41.

Graz 84.

Great Sound (Bermudas) 117.

Groneman-Inseln 146.

Grüne Inseln 153.

Günsberg 103.

Guiana, Küste von 164, 179.

Gunung Api 141.

Haabaigruppe 156.

Hagengebirge 99.

Haiti 19.

Hamilton Harbour 120.

Harrington Sound 117.

Harz, Devon im 83.

Haute-Marne, Département 105 f.

Haute-Saône, Département 105.

Hawaii 67.

Henuake siehe Honden.

Hermesriff 68.

Herweyinseln siehe Cookinseln.

Hiberniariff 140.

Hilgardtiefe 170.

Hochkönig 99.

Hochlantsch 85.

Hogian 141.

Hogoleu 59, 161.

Honden 159.

Honduras, Küste von 20.

Horsburghatoll 130.

Houtmansriff 139.

Howland 50, 160, 173.

Huahine 71.

Hudsoninseln 73.

Hull 160.

Iberg 83.

Immelauebirge 99.

Imperieuseriff 139.

Indispensableriffe 154.

Ireland-Island 117, 120.

- Isaakuntiefe 16.
 Istein 103.
 Itaparica 123.

Jamaika 19, **111**, 174.
Java 57, 112, 141, 176.
 Jervis 50, 159.
 Jonesinsel 140.
 Josephinebank 31, 41.
 Juan de Nova 127.
 Julische Alpen 97.
Juragebirge 101 ff.

Kajangle siehe Kreiangel.
 Kambara 76.
 Kantavu 74.
 Kao 156.
 Karaïbisches Meer 20.
 Karawanken 84 f., 97.
 Karimata-Straße 142.
 Karlshof 54.
 Kar Nikobar 140.
 Karnische Alpen 84 f.
Karolinen 45 f., **161**, 169.
 Karwendelgebirge 98.
 Katutia 157.
Keelinginseln 33, 45, 50, **133 f.**, 165, 171.
 Kei Keccil 141.
 Kermadekinseln 167.
 Key West 15.
 Kingmanriff 160.
 Kirviraigruppe 147.
 Klein Kei-Inseln 113, 141.
 Klettgau 104.
Königin Charlotte-Inseln 150 f., 168.
 Königinseln 146.
 Köstritz 86.
 Kollinkofel 85.
 Konieprus 84.
Korallenmeer 41, **147 ff.**, **166 ff.**, 171.
 Kordillere der Antillen 24.
 Korrer 65.
 Kosser 125.
 Kossol 64.
 Kreiangel 64 f.
 Kumkene 126.
 Kutusoffatoll 55.

 Lacedè-Inseln 139.
 Lagatschoi 95.
Lakkadiven **129**, 134.
 Langenbrück 103.
 Langkofel 88, 90.
 Late 156.
 Lauthala 75.
 Lepanto (Luzon) 112.
 Lérouville 106.
 Letman 141.
 Levier 106.
 Leyte 21.
 Lifu 72, 175.
 Lighthouseriffe 20.
 Lincolninsel 145.
 Linniuva 153.
 Lixoriff 124.
 Longbird Island 117.
 Longriff (Louisiade) 147.
 Lord Howe's Insel 150, 166, 180.
Louisiade-Archipel **147**, 166.
Loyaltyinseln 53, **72**, 113, 175, 177, 179.
 Luciparainseln 141.
 Luzon 21, 112, 175 f., 179.

 Macclesfieldbank 46, 52, 144.
Madagaskar 126 f., 135.
 Mafia 126.
 Maggiebank 143.
 Mahebourg, Bucht von 133.
 Mahlos Madoo 130.
 Maia 76.
 Majagruppe 147.
 Majuroatoll 49, 51.
 Makapuu 68.
 Makonga 75, 77.
 Makuku Point 68.
 Malakal 65.
 Malakal Passage 65.
 Malaupaina 32 f., 35.
 Malden 159.
Maldiva-Archipel 26 f., 46, **129 f.**, 134, 165.
 Mamanutha siehe Hudsoninseln.
 Mangfallgebirge 98.
 Manhiatoll 45.
 Manihikigruppe 159, 169.

- Manua 70.
 Mare 72, 175, 180.
Marianen 71, **157 f.**, 171, 179.
 Marken 153.
 Marmolata 90, 94, 96.
Marquesasinseln 157, 171.
 Marquesas Key 16 f.
Marshallinseln 41, 45 f., 49, **54 f.**, 160, 169.
 Maryinsel 160.
 Masámarhu 45, 126.
Mascarenen 133, 135, 172, 177.
 Mathildaatoll 53.
 Matuku 75.
 Maui 68.
 Mauritius 36, 38, 133, 173.
 Maus 155.
 Mayotta 127.
 M'Cean-Insel 160.
 Mentschikoffatoll 54.
 Mermeidsriff 139.
 Metia 89, 113, 158, 169, 176, 180.
 Meuse, Département 106.
 Middletonriff 51.
 Midley siehe Brookinsel.
 Milla don Madou 130.
 Millertiefe 170.
 Mindanao 22.
 Minervariffe 51, 156.
 Minikoi 129.
 Misteriosabank 20.
 Mitiaro 157.
 M'Leodbank 128.
 Moala 75.
 Mole 155.
 Molokai 68.
 Mompranginseln 142.
 Monnyinsel 144.
 Montaraninseln 142.
 Monte Alto di Pelsa 96.
 Monte Rocca 90.
 Mont Terrible 104.
 Morea siehe Eimeo.
 Musquilloatoll 54.
 Nafanuabank 70.
 Nairai 75, 77.
 Nairsa 139.
 Namu siehe Musquillo.
 Namuä 167.
 Namuka 156.
 Narakabersa 65.
 Natunainseln 142.
 Nazarethbank 132, 135.
 Nereusriff 149.
Neu-Caledonien 28, **56 ff.**, 166 f., 177.
 Neuchâtel, Kanton 104.
Neu-Guinea 57, **145 ff.**, 177.
 Neu-Hannover 154, 167.
Neu-Hebriden **150**, 166, 177, 181.
 Neu-Mecklenburg 154, 167.
 Neu-Pommern 154.
 Neu-Seeland 166.
 Ngamia 75.
 Ngarakotabansa 65.
 Ngaruangel 64 f.
 Ngau 75, 77.
 Ngaur 65 ff.
 Nordamerika, Ostküste von 122, 179.
 Nympherriff 142.
 Oahu 42, 68, 176.
 Oatafu 160.
 Ofu 70.
 Oima-Atoll 23, 37.
 Okeechobeensee 17.
 Olosenga 160.
 Orlathal 86.
 Ospreyriffe 149.
 Osterinsel 168.
 Otdia siehe Elmore.
 Ozeaninsel 69.
 Pago-Pago-Bucht 70.
Palauinseln 8, **63 ff.**, 113, 171, 175, 177, 179.
 Palawan 143.
 Palma 150.
 Palmerstoninsel 157.
 Palmyra 160.
 Palowi 153.
 Pandorabank 154.
 Panglao 21.
 Pangutaran 143.
 Papieti, Hafen von 55.
 Papuainseln 145.

- Paracelinseln 144 f.
 Parcel dos Abrolhos 124.
 Parcel dos Paredes 124.
 Pariser Becken 105 f.
 Pasterkriff 85.
Paumotu-Archipel 41, 45 f., 48, 50, 53,
 158 f., 169, 176.
 Pearlriff 68.
 Pedrobank 20.
 Pegasusriff 143.
 Pelelew siehe Pililu.
 Pelorusbank 156.
 Pemba 126.
 Pentkroftinsel 150.
 Pernambuco 123 f., 178.
 Peros Banhos 46, 131.
 Pfingstinsel 53.
Philippinen 20 ff., 25, 111 f., 143,
 171, 176, 181.
 Philippeville, Atoll von 83.
Phönixinseln 41, 45, 158, 160, 169.
 Pililu 65 f.
 Pinn-Keys 15.
 Pittsbank 131.
 Plawutschgipfel 84.
 Pleasantinsel 160, 176, 180.
 Ponape 161.
 Pordoi 88, 90.
 Portorico 19.
 Porto Seguro 123.
 Pourtalès-Plateau 9, 16.
 Provence 110.
 Providencia-Insel 127.
 Pulo Ta 113.
 Purdyinseln 155.
 Purtlockriffe 148.
Queensland 166.
Raiatea 59, 71.
 Raineinsel 148.
 Rapoldriff 85.
 Raraka 49.
 Rarotonga 157.
 Râs Muhammed 126.
 Rebecca-Untiefe 16.
 Redscarbai 147.
 Renériff 143.
 Renardinsel 147.
 Réunion 133.
 Richthofenriff 95.
 Ringgoldgruppe 75.
 Roccas 125.
 Rodriguez 133, 135, 172, 177.
 Roly, Atoll von 83.
 Romanzoffatoll 55.
 Roncadorbank (Salomonsinseln) 153.
 Roncadorbank (Westindien) 20.
 Rosaatoll 71.
 Rosalindebank 20.
 Rosengarten 88, 96.
 Rosszähne 96.
 Rota 157.
Rotes Meer 38, 52, 125 ff.
 Rotuma 156.
 Rowleyuntiefen 139, 165.
 Roworiff 150.
 Rua Sura-Atoll 40, 153.
 Ruck siehe Hogoleu.
Sadieinseln 140.
 Sagran, Piz von 95 f.
 Sahulbank 140.
Salomonsinseln 22 ff., 32 ff., 52, 57,
 151 ff., 166, 176, 181.
 Salomonsinsel (Chagos-Archipel) 132.
 Salt Key Bank 18 f., 37.
 Saluafata, Hafen von 70.
 Salvagesbank 41.
Samoainseln 36, 69 ff., 171.
 Sandelholzbai 76.
 Sandsinsel 157.
Sandwichsinseln 67 ff., 158, 171, 175 f.
 Sandwichsinsel (Neu-Hebriden) 150.
 Sandykap 149.
 Sansibar 126, 177.
 Santa Anna 32 f., 35, 42.
 Santa Cruz 123.
 Sasso Vernale 90.
 Savage 157.
 Sawaii 69 f., 171.
 Saya de Malha 46, 52, 132, 135, 165.
 Schifferinseln siehe Samoainseln.
 Schlern 88, 90 f., 94 ff.
 Schneeberg, Wiener 99.
 Schouteninsel 146.

Schweiz, Jura der 103 f.

Scottriffe 139.

Seeberg 85.

Seewen 103.

Seychellen 127, 135.

Shot Key 18.

Sidneyinsel 160.

Sikyana 45, 49, 153.

Sinai-Halbinsel 125, 176.

Singapore 142.

Sixinsel 132.

Skorpionriff siehe Alacranriff.

Solothurn, Kanton 104.

Sombrero 123, 177.

Somerset 117.

Songa-Songa 126, 177.

Starbuck 159.

St. Cassian 92.

St. Christoval 32.

Steirische Alpen 84 f.

Stewart siehe Sikyana.

St. Georges 117.

St. Georgs Kanal 154.

St. Pierre 127, 176.

Suadivaatoll 130.

Sucklingsriff 147.

Südamerika, Ostküste 164.

— Westküste 161.

Sulusee 143.

Sulzbacher Alpen 97.

Sumatra 141.

Surklingriff 149.

Swainsinsel 160.

Swainsriffe 148 f.

Taëmabank 70.

Tahiti 55 f., 71.

Takutua 157.

Tamatave 127.

Tambelaninseln 142.

Tanna 150.

Taviuni siehe Vuna.

Tavuthá 76.

Teichalpe 85.

Tenakora 150.

Tenariff 71.

Tetuaroa 71.

Thunder Knoll-Bank 20.

Thüringen, Zechstein in 86.

Tilla dou Matte 130.

Tinian 157.

Tiroler Alpen 87 ff.

Tizardbank 35 f., 46, 51, 144.

Tji-Laut-örön 141.

Tofua 156.

Tolia 127.

Tonga-Archipel 155 ff., 171, 177, 179, 181.

Tongatabu 155.

Torresstraße 146 f.

Tortugasriffe 16 f., 37.

Totoia 75.

Tritoninsel 145.

Tubai 71.

Tubuainnseln siehe Australinseln.

Tukopia 151, 180.

Tupua 150.

Turkinsel 18.

Turnifferiffe 20.

Tutuila 70.

Uea 156.

Unioninseln 160, 169.

Upolu 70.

Uruktapel 65 f.

Uvea 72, 175.

Valvin, Thal von 105.

Vanikoro 59, 151.

Vanua Levu 73 ff.

Vanua Valavo 77.

Vata Lele 74, 76.

Vavaugruppe 156.

Verräterinseln 146.

Viti Levu 73 ff.

Völksen 100.

Vouécourt 106.

Vuna 75, 77.

Wahlen 103.

Waigiu 145.

Wakaia 75, 77.

Waldenburg 103.

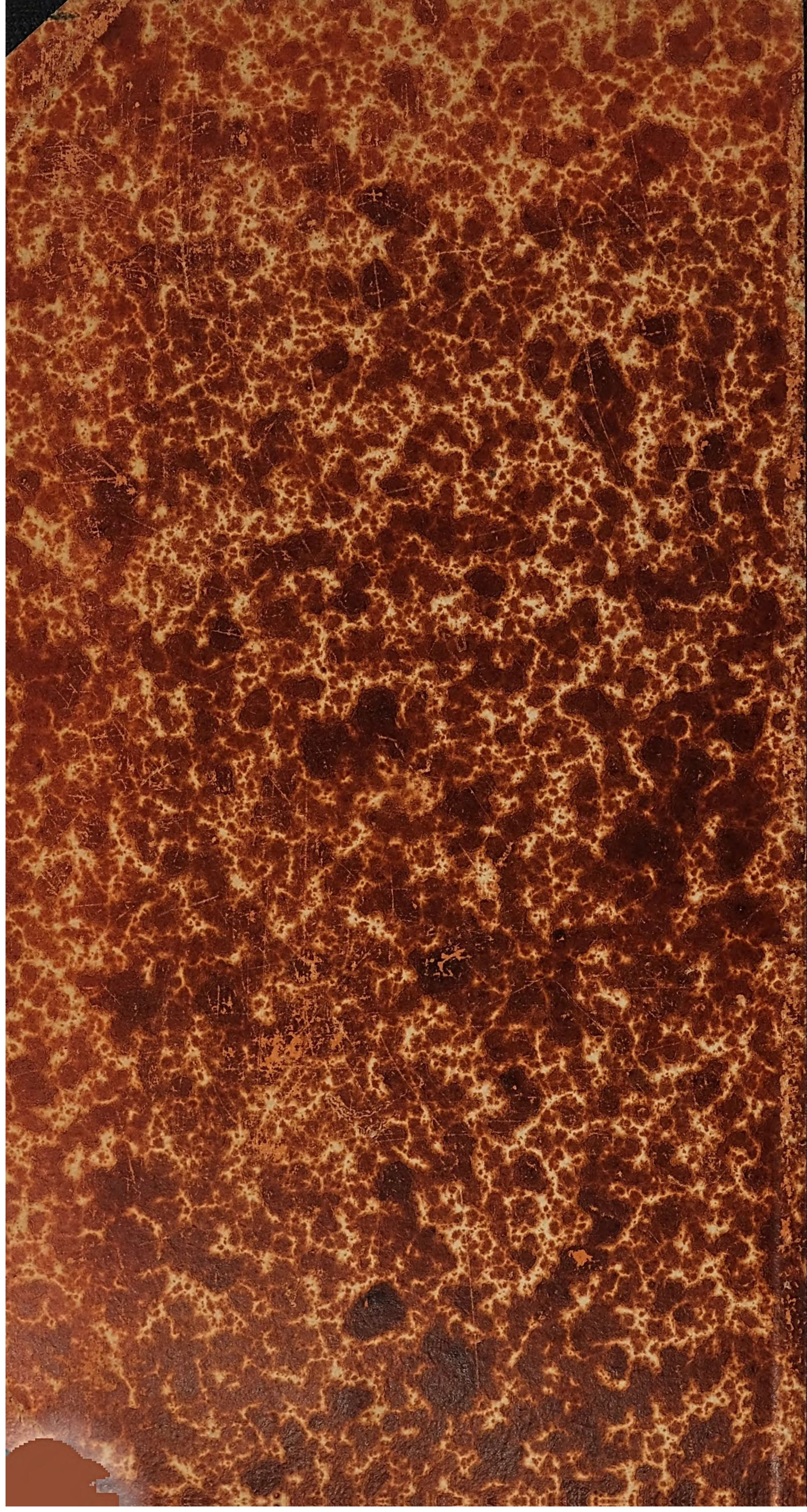
Wallfischuntiefe 124.

Walpolefelsen 72.

Wangen 103.

- | | |
|--|---------------------------|
| Warriorriff 146. | Winterberg (Harz) 83. |
| Washingtoninsel 159. | Wilsonatoll 45. |
| Washington, Kap 74. | |
| Weihnachtsinsel (Indischer Ozean) | Yap 161. |
| 54, 136 ff. , 176, 180. | Yasawa siehe Asauainseln. |
| Weihnachtsinsel (Stiller Ozean) 159. | Yenghen 113, 180. |
| Westindien 15 ff. , 44. | York, Kap 147, 167. |
| Wettersteingebirge 98. | Yorkshire 101. |
| Wetterwand 99. | Yukatanriffe 20, 28. |
| Weymouth 101. | Yule's Riff 148. |





F
C
C

2
1
J
8

K
i

Langenbeck, Rudolf,

Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe
und ihre Bedeutung für geophysische Fragen

Leipzig 1890

Phys.sp. 373 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11881810-3